



Por: Ymber Flores Bendezú

Crecimiento y productividad de plantaciones forestales **en la amazonía peruana**

Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la **amazonía peruana**

Por: Ymber Flores Bendezú

Esta publicación ha sido posible gracias al esfuerzo y dedicación del equipo técnico del Sub proyecto “Opciones para la promoción e Innovación Tecnológica de Maderas Procedentes de Plantaciones Forestales con especies Nativas de la Región Amazónica”, MADERAS – INCAGRO

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Ymber Flores Bendezú

EQUIPO TÉCNICO SUB PROYECTO MADERAS

José Eloy Cuellar Bautista (Coordinador General) - INIA

Ymber Flores Bendezú (Coordinador Técnico) - INIA

Auberto Ricse Tembladera - INIA

Walter Angulo Ruiz - INIA

Pedro Reyes Inca – INIA

Moises Acevedo Mallqui – UNALM

Miguel Melendez Cardenas - UNALM

Julio Ugarte Guerra - ICRAF

Roberto Porro - ICRAF

EQUIPO EDITOR

José Eloy Cuellar Bautista

Haydeé Mirian Ramos León

COORDINACIÓN EDITORIAL, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Gabriela Rosario Mas Rivera

José Eloy Cuellar Bautista

IMPRESIÓN

Corporación Grafica Andina SAC

Código ISBN

.....

Agradecimientos

Los estudios fueron realizados en el marco de un convenio de cooperación entre el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA); la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); el Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF) y el apoyo financiero de INCAGRO (Programa Innovación y Competitividad para el Agro Peruano) y la Universidad Checa de Agronomía.

Índice

RESUMEN EJECUTIVO	5
1. INTRODUCCION	6
1.1 Caracterización del problema	6
1.2 Importancia y justificación de la presente investigación	6
1.3 Objetivos	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
2. CONTEXTO Y REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Antecedentes de la Estación Experimental Alexander von Humboldt	7
2.2 Plantaciones en fajas de enriquecimiento	7
2.3 Plantaciones puras	9
2.4 Especies bajo estudio	11
2.4.1 <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke (Ducke) (Mimosaceae)	11
2.4.2 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Smith (Fabaceae)	11
2.4.3 <i>Swietenia macrophylla</i> King (Meliaceae)	12
2.4.4 <i>Simarouba amara</i> Aubl. (Simaroubaceae)	12
2.4.5 <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. (Apocynaceae)	12
2.4.6 <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer (Caesalpinaceae)	12
2.4.7 <i>Ceiba insignis</i> HBK (Bombacaceae)	12
2.4.8 <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke (Fabaceae – Caesalpinaceae)	13
2.4.9 <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavon) Oken (Boraginaceae)	13
2.4.10 <i>Parkia oppositifolia</i> Benth (Fabaceae - Mimosoideae)	13
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Descripción del área experimental	14
3.1.1 Ubicación geográfica	14
3.1.2 Clima	14
3.1.3 Zona de vida	14
3.1.4 Suelos	14
3.1.5 Topografía	16
3.2 Material experimental	16
3.3 Ensayo en plantaciones puras	16
3.4 Ensayo en fajas de enriquecimiento	17
4.1 <i>Cedrelinga cateniformis</i>	18
4.1.1 Plantaciones puras	18
4.1.2 Plantación en fajas de enriquecimiento	18
4.2 <i>Amburana cearensis</i>	22
4.2.1 Plantaciones puras	22
4.2.2 Plantación en fajas de enriquecimiento	22

4.3	Swietenia macrophylla	25
4.3.1	Plantaciones puras	25
4.4	Simarouba amara	26
4.4.1.	Plantaciones puras	26
4.4.2	Plantación en fajas de enriquecimiento	27
4.5	Aspidosperma macrocarpon	27
4.5.1	Plantaciones puras	27
4.5.2	Plantaciones en fajas de enriquecimiento	28
4.6	Copaifera paupera (Herzog) Dwyer	28
4.6.1	Plantaciones puras	28
4.6.2	Plantaciones en fajas de enriquecimiento	28
4.7	Ceiba insignis HBK (Bombacaceae)	29
4.7.1	Plantaciones puras	29
4.8	Schizolobium amazonicum	29
4.8.1	Plantaciones puras	29
4.9	Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken (Boraginaceae)	30
4.9.1	Plantaciones puras	30
4.10	Parkia oppositifolia Benth (Fabaceae - Mimosoideae)	30
4.10.1	Plantaciones puras	30
5.	CONCLUSIONES	31
5.1	Plantaciones puras	31
5.2	Plantación de Cedrelinga cateniformis (Ducke) en fajas de enriquecimiento	31
5.3	Plantación de Amburana cearensis (Allemão) A. C. Smith en fajas de enriquecimiento	31
5.4	Conclusiones generales sobre el sistema de fajas de enriquecimiento.	32
6.	RECOMENDACIONES	32
7.	BIBLIOGRAFIA	34

Resumen Ejecutivo

EL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA inició sus labores en el campo de la investigación forestal aplicada a la silvicultura de plantaciones de especies nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt desde 1982, con el objeto de generar información silvicultural básica. Con este propósito se establecieron ensayos de plantaciones de bosques bajo diferentes sistemas y condiciones de sitio. Se ensayaron un total de 44 especies, dentro de las cuales en el presente trabajo se analiza los casos de *Cedrelinga cateniformis*, *Amburana cearensis*, *Copaifera paupera*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla*, *Schizolobium amazonicum*, *Cordia alliodora*, *Ceiba insignis*, *Parkia oppositifolia* y *Simarouba amara*.

Los resultados obtenidos a 20 años de establecido los ensayos muestran el gran potencial de *C. cateniformis*, que es la especie con mejores resultados de crecimiento y productividad tanto en fajas de enriquecimiento como en plantaciones puras. Con esta especie se obtuvo en plantaciones puras un diámetro a la altura del pecho promedio de 35.8 cm, una altura total promedio de 26.42 m, un área basal de 30.35 m²/ ha y un volumen promedio de 380.20 m³/ ha, resultados que son estadísticamente diferentes al de las otras especies. Además esta especie muestra excelentes resultados en sanidad y calidad de fuste y en forma y posición de copa. En fajas de enriquecimiento *C. cateniformis* creció mejor en suelos acrisoles, con topografía de ondulada a colinosa y en fajas de 5 m de ancho. Con respecto a *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento, los mejores resultados se obtuvieron en suelos gleysoles y fisiografía plana a ondulada. Esta especie muestra sin embargo alta susceptibilidad a la falta de manejo y mantenimiento, lo cual se ve reflejado en sus bajos valores en crecimiento y productividad así como en calidad del fuste obtenido. Los resultados muestran buenas perspectivas para el establecimiento de plantaciones en fajas de enriquecimiento de *C. cateniformis* en bosques primarios con bajos volúmenes de madera. Con un incremento medio anual de 13.4 m³/ ha/ año y altos precios actuales, las plantaciones de *C. cateniformis* son más rentables que la práctica común de convertir bosques primarios en plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento.

1. Introducción

1.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

A pesar de su gran extensión y alta diversidad, los bosques húmedos tropicales de la Amazonia peruana se encuentran en un creciente proceso de deterioro. El crecimiento de la población, la explotación maderera y la expansión de las actividades agropecuarias han agudizado la destrucción de los bosques, la erosión de los suelos y la disminución de la productividad. En tal sentido, la legislación forestal peruana reconoce la importancia y la necesidad del manejo sostenible de los recursos forestales y fomenta las actividades de caracterización, evaluación, planificación, aprovechamiento, regeneración, reposición, protección y control del bosque conducentes a asegurar la producción sostenible y la conservación de la diversidad biológica y el ambiente. Para contribuir al logro de los objetivos mencionados anteriormente es frecuente adoptar la alternativa de establecer plantaciones con especies forestales de rápido crecimiento, ya sean nativas o exóticas. Esto es un reflejo de lo que ocurre a nivel mundial, donde las plantaciones forestales cumplen un papel cada vez más importante en el abastecimiento de madera y en la reposición de los bosques. Por ejemplo entre 1980 y 1990 la superficie de los trópicos convertida a plantaciones aumentó de 18 a 44 millones de hectáreas y esta tendencia continua (Prebble 1997).

En el Perú, se ha estimado una deforestación acumulada de aproximadamente 5 millones de hectáreas. Sin embargo los esfuerzos por reforestar son todavía muy reducidos y básicamente están a cargo del sector público. Las cifras acumuladas hasta 1998 estiman un total de 605.825 hectáreas reforestadas a nivel nacional, mientras que en el 2000 se reforestó 67.625 hectáreas (ARP 2002). La mayor parte de estas plantaciones se hallan en la Región Andina y son de especies exóticas como *Eucalyptus* y *Pinus* (Reis 1997), mientras que las plantaciones con especies nativas son bastante menores. La Región Amazónica, a pesar de ser la más extensa región boscosa del Perú (70 millones de hectáreas aproximadamente) y estar sometida constantemente a procesos de extracción forestal, no presenta mayor actividad de reforestación. Pese a existir en la legislación peruana, disposiciones específicas que obligan a los extractores forestales en la región amazónica a la ejecución de programas de reforestación, a la fecha el cumplimiento ha sido muy restringido, debido a la falta de tradición silvicultural de la mayoría de los extractores forestales, a la insuficiencia de implementos técnicos, a una presencia muy temporal en las áreas de extracción y a los costos involucrados.

1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

En el Perú existe insuficiencia de elementos técnicos para la implementación de plantaciones, especialmente cuando se desea establecer especies nativas del bosque húmedo tropical. La experiencia generada en el Perú se concentra especialmente en tres sitios en la cuenca amazónica: Chanchamayo, Jenaro Herrera y Von Humboldt (APODESA 1986; Vidaurre 1994) y la información obtenida está dispersa, fragmentada o se trata de experimentación inconclusa. En tal sentido, actualmente el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) cuenta con una serie de plantaciones forestales que cumplen objetivos múltiples: experimentación científica, conservación de recursos genéticos y validación de tecnologías. La mayor parte de la información generada de estas plantaciones necesita ser procesada, analizada y difundida.

Tal es el caso de las plantaciones experimentales establecidas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt desde 1974, las cuales ocupan más de 800 hectáreas. Estas plantaciones representan uno de los recursos de investigación forestal más importantes en la Amazonia peruana. Sin embargo, por diversas razones, la mayor parte de la información colectada en estas plantaciones no ha podido ser analizada y difundida. Con base a estas consideraciones el presente trabajo pretende evaluar y analizar las plantaciones puras y en fajas de enriquecimiento de seis especies forestales establecidas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, a través de la comparación de parámetros de crecimiento, productividad y condición sanitaria.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general

La finalidad es proporcionar a los ejecutores de planes de manejo forestal y reforestación nuevos elementos que le ayuden en las diferentes decisiones que deben tomar, desde la selección del sitio adecuado hasta el manejo posterior de las plantaciones.

Objetivos específicos

1. Comparar el crecimiento, productividad y condición sanitaria de *Cedrelinga cateniformis*, *Amburana cearensis*, *Copaifera paupera*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla*, *Schizobium amazonicum*, *Cordia alliodora*, *Ceiba insignis*, *Parkia oppositifolia* y *Simarouba amara* establecidos bajo el sistema de plantaciones puras a campo abierto.

2. Determinar el efecto del sistema de plantación, el tipo de suelo y la topografía en el crecimiento, la productividad y la condición sanitaria de las especies indicadas establecidos en fajas de enriquecimiento.

2. Contexto y revisión de literatura

2.1 ANTECEDENTES DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ALEXANDER VON HUMBOLDT

En el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, los estudios silviculturales se iniciaron en 1974 con el Proyecto PNUD/FAO PER/71/551 “Demostración de Manejo y Utilización Integral de Bosques Tropicales” a cargo de la FAO (Carrera 1987). Dicho proyecto tuvo como centro de acciones la Estación Experimental Forestal Alexander von Humboldt (EEAvH). El objetivo principal fue elaborar un plan piloto de manejo del bosque; para lo cual se elaboraron inventarios forestales, un estudio semidetallado de suelos y varios estudios dendrométricos. En los casi cinco años de trabajo del proyecto se establecieron diversos ensayos de plantaciones forestales con especies nativas y exóticas principalmente *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Pinus caribaea* (Masson y Ricse 1977). El proyecto finalizó en 1978 y su cercanía a centros rurales propició la invasión de las áreas experimentales por agricultores migratorios, los cuales destruyeron la mayor parte de las plantaciones para la instalación de cultivos agrícolas y pasturas.

Entre 1977 a 1981, se llevó a cabo el Proyecto “Apoyo a la Dirección General Forestal y de Fauna”, financiada por la Cooperación Técnica del Gobierno Suizo; se logró el establecimiento de dos arboretum, existiendo hasta la fecha una, del cual se colectaron muestras botánicas con el fin de identificar taxonómicamente a las especies para lo cual se elaboraron claves de identificación sencilla de los árboles en campo para personal no especializado y por último se estandarizaron los nombres comunes a través de publicaciones.

En 1982 se inició el Proyecto “Estudio conjunto sobre investigación y experimentación en regeneración de bosques en la Zona Amazónica de la República del Perú” llevado a cabo por un convenio entre la Cooperación Técnica Japonesa (JICA) y el Instituto Nacional Forestal del Perú (INFOR). El objetivo fue establecer un sistema técnico de regeneración del bosque húmedo tropical, basado en la regeneración natural y artificial (INFOR-JICA 1985). Se delimitó un

área de 1500 ha, donde se establecieron 830 ha de plantaciones experimentales, consistentes en fajas de enriquecimiento, plantaciones a campo abierto, plantaciones bajo dosel y manejo de regeneración natural en sistemas puros (una sola especie) y mixtos, es decir con varias especies (APODESA 1987; INIAA-JICA 1991; Vidaurre 1994; Angulo 1995). Asimismo se realizaron estudios en técnicas de vivero, dendrología y fenología de árboles, manejo y conservación de semillas y entomología forestal para el control de *Hypsipyla grandella*. Las principales especies bajo estudio fueron *Cedrelinga cateniformis*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana cearensis*, *Cedrela odorata*, *Copaifera officinalis*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Terminalia amazonia*; *Guazuma crinita*, *Parkia oppositifolia*, *Schizolobium amazonicum*, *Simarouba amara* y *Myroxylon balsamun*. Resultados preliminares de estas plantaciones están presentes en varios informes del proyecto (INIAA-JICA 1991, Angulo 1995).

Además en 1986, se dio inicio al Proyecto “Conservación in situ de Recursos Genéticos Forestales de *Cedrela*, *Cedrelinga* y *Swietenia*”, cuya meta fue el establecimiento de parcelas para la conservación in situ de dichas especies en el Bosque Nacional, siendo el objetivo principal salvaguardar a largo plazo sus genotipos in situ.

Aunque las actividades del proyecto estaban planificadas hasta 1991, los crecientes problemas sociales de la región asociados a la subversión a fines de la década de los 80, hizo que el JICA se retirara de la Estación Experimental Alexander von Humboldt en 1990. Desde aquel año las plantaciones experimentales están a cargo del Programa Nacional de Investigación en Agroforestería y Cultivos Tropicales del INIA, el cual ha podido asegurar que los ensayos establecidos reciban cierto mantenimiento y algunas evaluaciones regulares.

2.2 PLANTACIONES EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO

Las plantaciones de enriquecimiento son un conjunto de sistemas de regeneración artificial de bosques mediante el cual la regeneración natural presente en los bosques es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas. Estos sistemas se aplican principalmente en bosques explotados comercialmente o en aquellos que por alguna razón carecen de suficiente regeneración natural (Aubreville 1953, Budowski 1956, Dawkins 1958, Lamb 1969, Weaver 1987, Lamprecht 1990, Mayhew y Newton 1998).

Uno de estos sistemas es la plantación en líneas o fajas de enriquecimiento, la cual consiste en el establecimiento de una masa de árboles en líneas espaciadas a intervalos iguales o algo mayores que

el diámetro de copa estimado para el producto final. Para algunos autores el objetivo de las plantaciones de enriquecimiento es incrementar la proporción de árboles valiosos en un bosque degradado o bosque secundario (Evans 1992; Mayhew y Newton 1998) mientras que otros indican que la finalidad es convertir un bosque natural degradado en una plantación valiosa en la madurez, cuando los árboles plantados formen un dosel homogéneo (Weaver 1987; Lamprecht 1990). Boerboom y Graaf (1992) señalan que frecuentemente son razones de tipo ambiental las que determinan el uso de este sistema de plantación, por ejemplo la protección del suelo y la reserva de nutrientes o crear un microclima adecuado para la plantación.

Este sistema de plantación ha sido llevado a cabo en diversos lugares del trópico mundial principalmente en las ex-colonias inglesas y francesas en África y Asia desde finales del siglo XIX. En América tropical se han llevado a cabo ensayos de este tipo desde México hasta Brasil (Vega 1976, CONIF 1986, Weaver 1987, Vidaurre 1994). Un resumen de la historia de las plantaciones de enriquecimiento nos muestra que hubo éxitos y fracasos.

Las principales causas de los fracasos fueron:

- Insuficiente apertura del dosel superior.
- Carencia de mantenimiento adecuado a las plantas establecidas.
- Inadecuada selección de especies (especies de lento crecimiento).
- La plantación fue abandonada y las plantas murieron.

Los éxitos han sido atribuidos a:

- Empleo de especies forestales de rápido crecimiento.
- Adecuada apertura del dosel superior.
- Mantenimiento adecuado de las plantas establecidas.
- Ausencia de plagas que ataquen a las especies establecidas tales como el "barrenador de las Meliaceae" *Hypsipyla grandella*.

Por otro lado Weaver (1987) ofrece una lista de 163 especies forestales ensayadas en 12 países del neotrópico bajo el sistema de plantaciones de enriquecimiento. La mayor parte de plantaciones establecidas fueron a nivel experimental (Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, México, Perú, Puerto Rico, Surinam, Trinidad, Venezuela e Islas Vírgenes) y solo en tres países (México, Puerto Rico y Surinam) se establecieron plantaciones a gran escala. Asimismo indica que al menos 25 de estas especies han sido señaladas como satisfactorias por los investigadores, entre ellas *Cedrelinga cateniformis*, *Simarouba amara*, *Cedrela odorata*,

Swietenia macrophylla, *Didymopanax morototoni* y *Cordia alliodora*. A nivel mundial, otras especies exitosas aunque no americanas son *Khaya ivorensis*, *Terminalia ivorensis*, *Entandrophragma angolense* y *Tarrietia utilis* (Pierront 1994?).

Las plantaciones experimentales en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt fueron establecidas entre 1982 y 1988 como parte del Proyecto INFOR-JICA. Un total de 44 especies nativas fueron ensayadas en dos sistemas generales de plantación. El valor comercial actual y potencial, existencia de información previa y la disponibilidad de material reproductivo en la región fueron los criterios básicos para la selección de las especies.

Se ensayaron 37 especies forestales nativas en tres tipos de fajas de enriquecimiento en un bosque aprovechado comercialmente:

Fajas de 5 m de ancho. Bajo este sistema, se instaló una línea de árboles en el centro de la faja, con una separación de 3 o de 5 m entre plantas. Las entrefajas utilizadas fueron de 10, 15 y 20 m de ancho. La longitud de las fajas fue variable según el terreno disponible, desde 50 m hasta casi 1 km. Se determinó en el momento del establecimiento de la plantación una intensidad relativa de luz de 31%, medidos en el centro de la faja con el uso de fotómetros (Carrera 1987, Vidaurre 1994).

Fig. 1.- Fajas de enriquecimiento de 5 m de ancho y entrefaja de 10-20 m de ancho. Los árboles están señalados con un asterisco.

Entrefaja	Faja	Entrefaja	Faja	Entrefaja
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	*		*	
	5 m		5 m	

Fajas de 10 m de ancho. Se tienen dos variaciones bajo este sistema. En el primer caso los plantones fueron ubicados en el centro de la faja a una distancia de 5 m entre plantas. En el segundo caso se colocaron dos filas de árboles con una separación de 3 m entre filas y 3 m entre plantas. La entrefaja utilizada fue de 20 metros. La intensidad relativa de luz medido al momento de la plantación en el centro de la faja fue de 46 % (Vidaurre 1994).

CUADRO 1
Especies y número de plantas instaladas por cada sistema de plantación. Área experimental Alexander von Humboldt (Ucayali, Perú)

SISTEMA ESPECIE	Faja de 5 m	Faja de 10 m	Faja de 30 m	Bajo dosel	Plantación pura
Swietenia macrophylla	8 607	1 998	140	968	380
Cedrela odorata	3 444	1 736	980	168	759
Amburana cearensis	3 550	2 251	1 458	429	1 024
Cedrelinga cateniformis	2 277	938	1 152	577	1 372
Hymenaea oblongifolia	642	918	619	110	0
Copaifera paupera	1 627	2 015	872	742	960
Calophyllum brasiliensis	0	126	140	0	0
Ocotea sp..	0	0	0	0	0
Swartzia polyphylla.	1 195	877	562	0	400
Terminalia obloga	355	338	140	0	388
Guazuma crinita	601	2 110	728	0	380
Guazuma ulmifolia	828	4 062	707	0	400
Myroxylon balsamum	392	464	134	0	361
Simarouba amara	2 004	3 418	945	426	1 023
A. macrocarpon	308	648	137	0	324
Parkia oppositifolia	1 524	4 104	816	0	380
Terminalia oblonga	249	393	0	0	0
Spondias mombim	378	1 100	0	0	361
Ormosia schunkei	1 028	0	0	0	361
Cordia alliodora	394	156	0	0	330
"Vilco pashaco"	168	0	0	0	342
Ceiba samauna	433	0	0	0	342
Ceiba insignis	170	0	0	0	342
Virola flexuosa	258	138	0	0	361
Ceiba pentandra	326	1 098	140	0	323
Aspid. marcgraviana	152	164	0	0	460
Cedrela fissilis	249	89	0	119	323
Aspid. megalocarpon	113	86	0	0	0
Lauracea	60	112	0	188	0
Tabebuia sp.	58	0	0	0	361
Tabebuia serratifolia	100	468	0	255	392
Pterocarpus amazonum	100	180	140	0	387
H. swietenoides	0	80	0	0	0
Alseis peruviana	0	101	0	0	361
Manilkara bidentata	0	138	0	0	396
Apeiba membranaceae	0	144	0	0	0
"Palta moena"		86	0	0	0

2.4 ESPECIES BAJO ESTUDIO

2.4.1 Cedrelinga cateniformis Ducke (Ducke) (Mimosaceae)

Nombre común: "tornillo". *C. cateniformis* es actualmente la especie forestal nativa más promisoría en la Amazonia peruana. Es una especie forestal con características maderables valiosas y tiene un uso muy difundido en el Perú. Está considerada entre

las cinco especies forestales más apreciadas por el poblador amazónico desde el punto de vista económico (Labarta & Weber 1998) y comercialmente es una de las maderas más utilizadas (INRENA-OIMT 1995). Los árboles de "Tornillo" forman parte del estrato dominante del bosque donde se desarrollan, con una altura total que puede alcanzar entre 25 y 50 m, una altura comercial entre 15 – 25 m y un diámetro a la altura del pecho de 60 a 150 cm (López 1981). El

tronco es generalmente recto, con una corteza que se asemeja a la de *Cedrela odorata*. La madera es de densidad media (0.46 gr/cm³) y es usada en estructu-

ras, carpintería, construcciones navales, carrocerías, muebles, ebanistería, puntales y juguetería (Vidaurre 1994).

CUADRO 2					
Experiencias con plantaciones de <i>C. cateniformis</i> en algunos países de América Tropical.					
País	Edad (Añ.)	Espaci m.	Altura promedio	DAP promedio	Fuente
Brasil	8	5 x 5 m	9.0 m	7.0 cm	Kanashiro (1991)
Brasil	4	-	2.54 m	-	Bleijendaal citado por CONIF (1986)
Brasil	-	5 x 5 m	13.9 m	15.3 cm	Loureiro (1979)
Colombia	4	-	5.2 m	4.8 cm	CONIF (1986)
Colombia	5	3 x 3 m	9.8 m	-	Martinez y Rodríguez (1987)
Perú	37	-	30 m de altura comercial	110 cm	Vidaurre (1994), Burgos (1954)
Perú	10	Fajas	20 m	23 cm	Blaser (1985)
Perú	10	-	15-19 m	17 cm	Vidaurre (1994); Carrera (1987)
Perú	18	4 x 4 líneas	25 m alt. máx.	23 cm	Hostettler (1990)
Perú	15	-	22 m	27 cm	Lamprecht (1990)
Perú	23	-	20.9 m	39.7 cm	Revoredo (1999)
Perú	15	-	24 m	29 cm	Baluart (1999)

En el **Cuadro 2** se resumen los resultados de diversos experimentos con plantaciones de *C. cateniformis* llevados a cabo en Perú, Brasil y Colombia. En Yurimaguas, Perú se instalaron plantaciones agroforestales en multiestrato que incluían como estrato superior a *C. cateniformis*. Algunas características de esta especie que la hacen deseable para sistemas agroforestales son capacidad de fijar nitrógeno (Vidaurre 1994), su rápido crecimiento (Blaser et al. 1985; Maruyama 1987; Botosso et al. 1991; Vidaurre 1994), buen sistema radicular (Magalhaes et al. 1984) y copa medianamente amplia.

Otro estudio se realizó en la Amazonia ecuatoriana (Woodward 1996) acerca de los efectos de la compactación del suelo y la eliminación de la hojarasca sobre las propiedades del suelo y sobre el crecimiento de *C. cateniformis*, *Caryodendron orinocense* y *Virola elongata*, encontrándose que hubo una reducción en el crecimiento en altura en todas las especies, pero el crecimiento diamétrico solo se redujo en *C. cateniformis*.

2.4.2 *Amburana cearensis* (Allemão)

A.C. Smith (Fabaceae)

Nombre común en Perú: "Ishpingo". No es raro encontrar confusión sobre nombres de especies entre los investigadores y cultivadores de *Amburana*. Las

mismas especies pueden ser mencionadas usando diferentes nombres en diferentes países, por diferentes investigadores y en diferentes colecciones de semillas (Whitmore et al. 1990, Carvalho 1994, Galván 1996, Soudre et al. 1996, D'Oliveira 2000). Sin embargo las últimas relaciones taxonómicas manejadas por instituciones como Missouri Botanical Garden y New York Botanical Garden, señalan la existencia de dos especies distintas:

Amburana acreana (Ducke) A.C. Smith, con sinónimo *Torresia acreana* y mencionada por primera vez en la revista *Arquivos do Instituto de Biologia Vegetal* en 1935. Crece en las regiones amazónicas de Perú, Bolivia y Brasil (MSB-HNB 1993, Carvalho 1994, Mostacedo 2001, New York Botanical Garden 2002).

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith, con sinónimo *Torresia cearensis* Allemão y mencionada por primera vez en la revista *Trab. Comm. Sc. Expl. Ceara Secc. Bot.* en 1862. Crece en zonas de Brasil, Bolivia, Argentina, Paraguay y Perú.

Con respecto a *Amburana cearensis* se han realizado estudios experimentales de crecimiento en Perú, Brasil y Paraguay. Es una especie muy explotada comercialmente por su alto valor económico (INRENA-OIMT 1995) y está amenazada de desaparición en algunos lugares (Whitmore et al, 1990). En el Perú se reporta ensayos silviculturales en la Estación

Experimental Alexander von Humboldt (Carrera 1987, Angulo 1995) a campo abierto y en plantaciones de enriquecimiento. Galván (1996) reporta ensayos en fajas de enriquecimiento y en viales de extracción en la zona de la Carretera Marginal (Huánuco, Perú). En Brasil hay ensayos a campo abierto en la zona de Paraná y se clasifica como especie de lento crecimiento (Carvalho 1994). En la zona de Manaus también hay ensayos a campo abierto realizados por el EMBRAPA (observación personal).

2.4.3 *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae)

Nombre común: "Caoba". La caoba es una de las especies del Neotrópico más extendidas por el mundo. Su alto valor económico y su rápido crecimiento originaron el establecimiento de plantaciones en América, Asia y África. Al respecto el reciente trabajo de Mayhew y Newton (1998) muestra detalladamente el nivel que han alcanzado estas plantaciones así como los éxitos y dificultades en su instalación y manejo, especialmente los problemas ocasionados por el barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella*. Para el control de esta plaga se han desarrollado diversas técnicas silviculturales, químicas y biológicas con resultados desiguales (CONIF 1986; Lamprecht 1990; INIAA-JICA 1991; Mayhew y Newton 1998; Cornelius 2000).

Precisamente debido a este problema, que ha ocasionado que en algunos lugares se desista de plantar esta especie (Lamprecht 1990), se han experimentado distintas metodologías de plantación tanto a campo abierto como en fajas de enriquecimiento, claros en el bosque y viales de extracción forestal (Ashton et al. 1998; D'Oliverira 2000; Mayhew y Newton 1998). Por ejemplo Galván (1996) reporta ensayos en fajas de enriquecimiento y en viales de extracción en la zona de la Carretera Marginal (Huánuco, Perú). Las plantaciones en fajas han sido consideradas como adecuadas para plantar *S. macrophylla* por algunos autores, pero otros dudan de la efectividad de la sombra para detener el ataque del barrenador. Por ejemplo en las fajas de plantación establecidas en la Estación Experimental Alexander von Humboldt se detectó un fuerte ataque durante la estación lluviosa (Yamazaki et al. 1992). Asimismo en las mismas plantaciones se ha detectado que por lo general el ataque a esta especie es bastante menor que a *Cedrela odorata* (observación personal). Otros autores como Lamprecht (1990) indican que esta especie es adecuada para plantaciones en fajas de enriquecimiento y para sistemas agroforestales.

2.4.4 *Simarouba amara* Aubl. (Simaroubaceae)

Nombre común: "marupa". Los árboles de *Simarouba amara* miden entre 15 a 25 m de altura y 50 a 80 cm en diámetro. Es una especie nativa de la Cuenca Amazónica; México, Cuba, Haití, Jamaica y América

Central y crece en bosques secundarios. La madera posee una densidad específica de 0.32–0.4 g/cm³ y buena trabajabilidad aunque es susceptible al ataque de insectos y hongos. Se emplea en interiores, cajas, tableros contrachapados y tableros de partículas.

Por su rápido crecimiento, esta especie ha sido plantada en grandes extensiones, en áreas tropicales de América del Sur y América Central. En el Perú se ha establecido plantaciones experimentales con esta especie desde 1974 aunque los resultados no fueron satisfactorios (Masson y Ricse 1977). En la Estación Experimental Alexander von Humboldt se realizaron plantaciones en fajas reportándose alturas totales de 15.79 m a los 10 años (Angulo 1995). En Colombia se realizaron plantaciones en fajas de enriquecimiento y a campo abierto, comprobándose que en este último caso hubieron mejores resultados (CONIF 1986). En las plantaciones en la Estación Jenaro Herrera (Loreto, Perú) *Simarouba amara* destacó con incrementos medios anuales de más de 1,5 cm en diámetro y 1,5 m en altura.

2.4.5 *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (Apocynaceae)

Nombre común: "Pumaquiro". *A. macrocarpon* se encuentra en bosques primarios no inundados. Se extiende en todo el norte de América del Sur, la Amazonía Central y occidental hasta el Paraguay. Se presenta en bosques húmedos de llanura (Angulo 1996, Mostacedo et al. 2001). Su madera es resistente con densidad básica de 0.67 gr/cm³. Es una especie decidua, heliófita, de lento crecimiento. En la Estación Experimental Alexander von Humboldt en plantaciones en fajas de enriquecimiento de 5 m de ancho mostraron a los 9 años de edad una altura promedio de 5.72 m y en fajas de 10 m una altura de 11.65 m (Angulo 1996). En otros ensayos en fajas de enriquecimiento ejecutados en la misma zona pero en la década de los setenta se obtuvo un DAP de 7.2 cm a los 10 años de edad (Castillo 1987). Otras especies similares como *A. polyneuron* también muestran un crecimiento bastante lento, con un incremento medio anual de solo 0.5 m en las dos primeras décadas de vida (Carvalho 1994).

2.4.6 *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (Caesalpinaceae)

Nombre común: "Copaiba". Los árboles de *C. paupera* son encontrados en Brasil, Colombia, Surinam, Perú y Venezuela. Son árboles de hasta 30 m de altura y desarrollan una copa muy amplia y ramificada. *C. paupera* posee una madera pesada, con una resistencia mecánica de media a alta y relativamente fácil de aserrar (INIA 1999). Se emplea para vigas, carpintería, pisos, encofrados y laminados. Existen escasos reportes

sobre plantaciones experimentales o comerciales de esta especie. En el Perú existen ensayos en la Estación Experimental Von Humboldt y en la zona de Pucallpa, pudiéndose considerar como una especie de lento crecimiento (Angulo 1995; observación personal). En plantaciones en fajas de enriquecimiento se obtuvo un DAP de solo 2.5 cm al cabo de 7 años (Castillo 1987).

2.4.7 Ceiba insignis HBK (Bombacaceae)

Nombre común: “huimba blanca”. Árbol de unos 100 – 250 cm de diámetro o más, y 30 o más m de altura, presenta el fuste abultado en la base y aletas (raíces tablares) de hasta 2 metros de altura. Es resistente a la sequía, de rápido crecimiento y poco exigente en suelos. Se cultiva aislado, formando grupos e incluso en alineaciones donde exista espacio suficiente para su copa (Reynel et al, 2003).

López et al, (2001); reportan asimismo que es una especie de árbol caducifolio, con el tronco espinoso, con frecuencia ensanchado en la base; corteza lisa, verdosa, con algunas estrías longitudinales. Hojas con pecíolo de 6-12 cm de longitud y 5(-7) folíolos aovados, de margen aserrado, acuminados, glabros, con peciólulos de unos 2 cm de longitud y limbo de 6-7 cm de longitud y 3.5-4 cm de anchura, flores aisladas sobre cortos pedicelos robustos. Pétalos obovado-oblongos, blancos o de color crema, de 8-12 cm de longitud, pelosos en la cara externa. Cápsulas oblongas de 10-12 cm de longitud y 5-7 cm de diámetro, verdosas y lisas, que se abren en 5 valvas. Semillas globosas de unos 8 mm de diámetro envueltas en lana blanca.

Se reconoce por el fuste abultado provisto de agujones, las hojas digitadas con el borde finamente aserrado hacia la zona apical los nervios secundarios visibles y las flores grandes de color rosado. Es una especie nativa de Perú, Argentina, Bolivia y Paraguay. El género está dedicado a J.L. Choris, artista y compañero de viaje del naturalista Kotzebue. *Insignis*, del latín *insignis*, distinguido, que resalta. (López et al, 2001). Es importante además señalar que esta especie según Reynel et al, (2003); presenta una madera de densidad muy baja, grano recto y textura gruesa, de color marrón grisáceo muy a claro a rosado, siendo muy trabajable y puede ser utilizado en carpintería liviana, cajonería y laminado.

2.4.8 Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke (Fabaceae – Caesalpinaceae)

Nombre común: “pashaco o quillosa pashaco”. Es un árbol de 30 – 70 cm de diámetro y 18 – 25 m de altura total, con el fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta, por lo que justamente se le reconoce; pero además de eso, presenta la corteza externa con ritidoma en placas

rectangulares a cuadrangulares pequeñas, y por sus hojas bipinnadas con folíolos oblongos, con diminuto mucrón. Las legumbres son también características, muy aplanadas y con una sola semilla alada (Reynel et al, 2003). Según Justiniano et al, (2001); en Bolivia, se empleaba, hasta hace poco, casi exclusivamente en sistemas agroforestales y silvopastoriles, por su rápido crecimiento y fácil adaptación a sitios, con alto grado de perturbación del suelo y la vegetación. En la actualidad, gracias al avance de la industria laminadora en ese país, el uso de la madera se ha acrecentando y ésta se ha constituido en una de las principales para este rubro.

Es de rápido crecimiento, propio de purmas, por lo que se hace necesario tenerse en cuenta en el manejo silvicultural de purmas (COTESU Y DGFF, 1996). La especie coloniza rápidamente áreas abandonadas y orillas de caminos, lo que le confiere un gran potencial para el manejo en condiciones naturales (Pariona & Fredericksen, 2003). Si bien existe bastante información sobre el uso de esta especie en plantaciones, se carece de datos respecto a su ecología, por lo que se describen aspectos de sus estrategias de dispersión, regeneración natural, estado de conservación y otros, a fin de posibilitar el aprovechamiento sostenible de esta especie. Justiniano et al, (2001); también indica que es una especie de amplia distribución geográfica, por lo que recibe varios nombres comunes, de acuerdo a la zona, región o país donde se encuentre. En el Ecuador y Perú es conocido con el nombre de “pashaco” y “pino chuncho” (INIA, 1999).

2.4.9 Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken (Boraginaceae)

Nombre común: “añallo caspi”. Árbol de 25 – 80 cm de diámetro y 18 – 35 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación desde el segundo tercio, la base del fuste con aletas pequeñas de hasta 1.5 m de alto. Se le reconoce por su corteza externa regularmente agrietada, color marrón claro a cenizo, la corteza interna fibrosa con tejido reticulado fino, que oxida rápidamente al ser expuesto al aire y sus ramitas terminales con zonas abultadas y huecas, habitadas por hormiga (Boshier & Lamb, 1997). Es una especie tropical de madera dura que crece de México a Argentina, tiene un crecimiento muy rápido. Pires et al, (1982); reporta alturas de 2 m en el primer año, con ritmos de 1 – 2 m de incremento anual en los primeros 10 años y para ello recomiendan establecer en plantaciones a campo abierto y en espaciamiento de 3 x 3 m ó 3 x 2 m. Frecuentemente sirve como sombra en cafetales y en pastizales. La madera es fácil de trabajar y el duramen, de un color oscuro, es un favorito de los ebanistas para carpintería fina, ya que incluso es más decorativa que el cedro y la caoba (Liegel & Stead, 1990).

Liegel & Stead (1990) afirman que crece mejor en los suelos de textura mediana y bien drenados y no tolera ya sea el drenaje pobre interno o las condiciones anegadas. No es una especie demandante en cuanto a sus requisitos de nutrientes, adaptándose bien a las áreas degradadas y abandonadas, los pastizales y los cultivos migratorios. La topografía adecuada para *C. alliodora*, va de las tierras bajas planas costeras, con arenas profundas e infértiles y poca materia orgánica (Entisoles u Oxisoles)

2.4.10 *Parkia oppositifolia* Benth (Fabaceae - Mimosoideae)

Nombre común en Perú: "goma huayo pashaco". Árbol de unos 40 – 90 cm de diámetro y 20 – 35 m de altura total, con el fuste cilíndrico con ramificación desde el segundo tercio y la base del fuste recto, se distingue fácilmente de las otras especies del mismo género por el olor característico a silicato de metilo que exhuda de su corteza cuando esta fresca, también por sus hojas opuestas y bipinnadas y por sus foliolos muy asimétricos en la base, que forma un diente hacia uno de los lados. (Loureiro et al, 1979; Reynel et al, 2003).

La especie presenta la corteza externa agrietada de color marrón claro, con separación de unos 2 – 4 cm entre sí; la corteza interna es homogénea blanquecina, con tenue olor a legumbre, posee las ramitas terminales con sección circular, de color marrón claro cuando secas y las hojas compuestas bipinnadas, opuestas, de 30 – 40 cm de longitud, el peciolo de 6 – 10 cm de longitud, éste y el raquis acanalados, el ápice rotundo, la base fuertemente asimétrica, formando un diente hacia uno de los lados. Presenta las flores de mediano tamaño, hermafroditas o con uno de los sexos reducidos, con cáliz y corola presentes, los frutos son del tipo legumbres indehiscentes fasciculadas en grupos, aplanadas y robustas, con unas 20 semillas en cada legumbre (Reynel et al, 2003). Frecuentemente tiene como hábitat las zonas con pluviosidad elevada y constante y se le halla en los bosques primarios, pero se adapta sin ningún problema a bosques secundarios, prefiere particularmente los suelos firmes y arcillosos, de fertilidad media a baja, con baja pedregosidad. Por otro lado Loureiro et al (1979) y Reynel et al, (2003), afirman que posee una madera leve, de textura media a gruesa, con una superficie de brillo poco acentuado, de color blanco a rosado blanquecino cuando se seca, muy fácil de trabajar y de buen acabado, pues se utiliza para carpintería liviana y cajonería, y tiene un gran potencial para la industria de tableros contrachapados.

3. Materiales y métodos

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

3.1.1 Ubicación geográfica

La Estación Experimental Alexander von Humboldt se encuentra dentro del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, a 225 msnm y 86 km de la ciudad de Pucallpa; entre 8°31'00 – 8°50'30 Sur y 74°14'27 – 74°55'10 Oeste. Políticamente pertenece al Departamento de Ucayali, el segundo más grande de Perú. Geográficamente pertenece a la Cuenca del Río Amazonas.

Figura 6.- Mapa del Perú y ubicación del Bosque Nacional Alexander von Humboldt.



3.1.2 Clima

La temperatura promedio es 26.7° C; la temperatura máxima promedio es de 29.3 °C y la temperatura mínima promedio es de 24°C. La humedad relativa promedio es de 78.9 %. La precipitación anual promedio es de 3600 mm con una estación muy lluviosa (Noviembre – Marzo) y otra de menor precipitación (Abril – Octubre).

3.1.3 Zona de vida

El área del Bosque Nacional Alexander von Humboldt incluye las zonas de vida bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical.

3.1.4 Suelos

Los suelos son de origen sedimentario, de textura arcillosa a arcillo-arenosa, drenaje pobre, fácilmente compactables y pH promedio de 5.1. Según la clasificación FAO en la zona de estudio existen los siguientes tipos de suelos:

Gleysol: Específicamente Plinthic Gleysol. Ocurre en terrenos con inundación frecuente o temporal, de topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas y suaves a colinas altas suaves. En lugares donde se empoza el agua subterránea en época de lluvias, escasea el oxígeno, formando el estrato Gley de apariencia gris azulada debido a la acción del hierro. El término gleysol deriva del vocablo ruso "gley" que significa masa fangosa, haciendo alusión a su exceso de humedad. El material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente sedimentos de origen fluvial, marino o lacustre, del Pleistoceno u Holoceno. La mineralogía puede ser ácida o básica.

Acrisol (Ultisol): Específicamente Plinthic Acrisol (del griego "plinthos": ladrillo y "acris": ácido). Ocurre en terrenos con inundaciones frecuentes a temporales, en topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas suaves y colinas altas accidentadas. Estos suelos están conformados por acumulación de arcillas roja-rojo parduzco y manchas roja-arcillosas (Plinthic) acumuladas como resultado de la acción oxidoreductora del hierro por el movimiento vertical de la napa freática (agua subterránea). En general tienen buenas condiciones físicas y son bien estructurados. Sus principales problemas son la muy baja fertilidad, problemas de acidez, exceso de aluminio y deficiencias de P.

Cambisol (Inceptisol): en terrenos de colinas bajas accidentadas y colinas altas suaves y hasta accidentadas. Se ha identificado los siguientes tipos:

Vertic Cambisols, Eutric Cambisols, Chromic Cambisols y Gleyic Cambisols. En general se considera a estos suelos en proceso de formación, es decir todavía no muestran horizontes bien diferenciables.

Estos tipos de suelo son muy abundantes en el Perú. Según Sánchez y Benitez (1983), a nivel de la Amazonia peruana existe la siguiente superficie de los diferentes tipos de suelo:

Ultisoles	49.2 mill. ha (65 %)
Entisoles	12.8 mill. ha (17 %)
Inceptisoles	10.5 mill. ha (14 %)
Alfisolos	2.3 mill. ha (3 %)
Vertisoles	0.4 mill. ha (1 %)

El siguiente cuadro muestra las características de los suelos en el área de estudio.

Suelo	Promedio en área de estudio
pH	5,127
MO %	2,494
N – Mineral (kg/ha)	87,26
P disponible (kg de P ₂ O ₅ /ha)	39,73
K disponible (kg de K ₂ O/ha)	205,73
Saturación de Bases (%)	88,2
Saturación de Aluminio (%)	11,8

CUADRO 3						
Principales características de los suelos en el área de estudio (INIA-JICA 1991)						
Suelo	Capa	pH	N %	Textura	Mineral arcilloso	CEC meq.
Vertic Cambisol	A	6.4	0.4	Suelo arcill. Pesado	Principal: esmectita Accesorio: caolín	43
	B	Sin datos	0.05	Suelo arcill. Pesado	Igual al anterior	29
Gleyic Cambisol	Ag	6.1	0.38	Suelo arcill. Ligero	Principal: esmectita Accesorio: caolín	Sin datos
	B	5.2	0.07	Suelo arcill. Pesado	Igual al anterior	Sin datos
Plinthic Acrisol	A	3.6	0.12	Franco arenoso	Principal: caolín Accesorio: mica	7.1
	B	4.3	0.06	Suelo arcill. Ligero	Igual al anterior	11.4
Plinthic Gleysol	Ag	5.5	0.27	Franco arcillo arenoso	Principal: esmectita Accesorio: mica	15.1
	B	4.8	0.09	Suelo arcill. Ligero	Principal: esmectita Accesorio: caolín	19.6

CUADRO 4
Principales características de fertilidad de los suelos en el área de estudio (datos sin publicar por INIA del 2001, procesado en el programa PIAS, por DIAZ, 2,004).
Tomado de Saavedra, 2005.

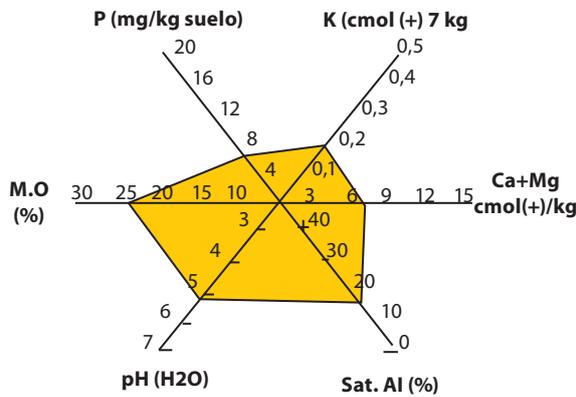


Figura 7.- Diagrama de fertilidad de los ultisols en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Región Ucayali, Perú. (Elaborado por Díaz, 2004 – Tomado de Saavedra, 2005)

3.1.5 Topografía

El Bosque Nacional Alexander von Humboldt está ubicado a una altura entre 240 y 340 msnm, los que a grandes rasgos se divide en tres zonas topográficas características:

Zona plana: Casi sin ningún accidente topográfico. En época de lluvias hay empozamiento de aguas.

Zona ondulada: Formación de ondas regulares de 5 a 10 m. Dentro de áreas con estas características, la parte alta tiene buen drenaje y la parte baja es húmeda y con mal drenaje.

Zona colinosa: Son elevaciones de 10 a 50 m con pendientes muy pronunciadas en algunos lugares. Su drenaje es óptimo por su talud entre mediano a pronunciado.

3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

El material experimental son las plantaciones establecidas entre 1982 y 1985 por el Proyecto INFOR-JICA en la EEAvH. El área experimental es de 1,500 ha y la superficie total de plantaciones que se establecieron es de 830 ha distribuidos en fajas de enriquecimiento (700 ha), plantaciones a campo abierto (32 ha), plantaciones bajo dosel (16 ha) y manejo de regeneración natural en sistemas puros y mixtos (82 ha). En total se ensayaron 44 especies nativas y exóticas propias del bosque

húmedo tropical. De ellas, por lo menos 16 se encuentran en combinaciones de tres tipos de fisiografía, tres tipos de suelo y tres sistemas de plantación.

3.3 ENSAYO EN PLANTACIONES PURAS

Las especies estudiadas son *Amburana cearensis*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla*, *Simarouba amara*, *Cedrelinga cateniformis*, *Ceiba insignis*, *Schizolobium amazonicum*, *Cordia alliodora*, *Parkia oppositifolia* y *Copaifera paupera* y lo que se persigue es comparar estas especies en término de crecimiento, productividad, calidad y estado sanitario bajo las condiciones del sitio de ensayo.

El área del ensayo esta compuesto de bloques de 1 ha para cada especie. Las unidades experimentales fueron parcelas temporales rectangulares. Para cada especie se evaluaron el 100% de los árboles iniciales.

Se empleó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron las seis especies forestales estudiadas. El número total de unidades experimentales es de 4 parcelas por 6 tratamientos (especies), con un total de 24 parcelas. El modelo aditivo lineal del experimento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Valor observado en la j-ésima repetición de la i-ésima especie forestal.

μ = Media del experimento

α_i = Efecto de la i-ésima especie forestal.

ϵ_{ij} = Error experimental

Para las mediciones de campo se utilizó la metodología del Sistema MIRA-SILV (Ugalde 2002), la cual incluye formularios estandarizados para la medición de las distintas variables a ser evaluadas, las que se presentan a continuación:

- Diámetro (cm): Diámetro a la altura del pecho (1.3 m) medido con cinta diamétrica.
- Altura total (m): Altura hasta la cima; con barra telescópica o con hipsómetro Suunto.
- Altura comercial (m): Altura del fuste hasta la primera ramificación fuerte.
- Calidad del fuste: Apreciación visual. Se utilizó la clasificación del Sistema MIRA-SILV.
- Estado fitosanitario: Apreciación de la salubridad del árbol. Se utilizó la clasificación del Sistema MIRA-SILV.
- Iluminación y forma de la copa: Apreciación visual. Se utilizará el sistema de clasificación de Synnot (1979).

En base a la información recogida en el anterior paso se estimaron los siguientes parámetros:

Parámetros de crecimiento: Número de árboles por ha, porcentaje de árboles remanentes (%), diáme-

tro promedio (cm); altura total promedio (m), altura dominante (m), altura comercial (m) e incrementos medios anuales para diámetro (IMADAP) y altura total (IMAALT).

Parámetros de productividad: Área basal por hectárea (m²/ha); volumen por hectárea (m³) e incrementos medios anuales para volumen (IMAVOL).

Parámetros de forma y sanidad: Calidad de fuste, estado fitosanitario del árbol, forma de copa, posición de copa.

La información de campo fue almacenada y procesada en el software MIRA-SILV (Ugalde 2000) que permite obtener los promedios estimados por parcela experimental y para cada variable estudiada. Posteriormente para cada parámetro obtenido se realizaron los siguientes análisis estadísticos utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1989):

Parámetros de crecimiento y productividad: Se realizó el análisis de variancia (ANDEVA) para la comparación de medias y determinar diferencias estadísticas entre las plantaciones puras de *C. cateniformis*, *A. cearensis*; *S. amara*; *S. macrophylla*; *C. paupera* y *A. macrocarpon*. La comparación entre medias individuales se realizó utilizando la Prueba de Duncan. Además se muestra gráficamente la distribución diamétrica de cada tratamiento. Asimismo se presentan gráficos de barras que muestran los valores de cada parámetro para los todos los tratamientos. Los rangos máximos y mínimos de DAP, altura total, área basal y volumen también son presentados. Adicionalmente se incluye curvas altura total – DAP para cada especie ensayada.

Parámetros de forma y sanidad: Se presenta para cada parámetro gráficos y/o cuadros de la distribución de las frecuencias absolutas o relativas. Se aplicó una prueba ji-cuadrada (Steel y Torrie 1980), para someter a prueba la hipótesis de independencia de las frecuencias de categorías de los parámetros con respecto a las especies.

3.4 ENSAYO EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO

De las 09 especies tratadas en el presente trabajo, se realizara el análisis estadístico a las especies *Cedrelinga cateniformis* “Tornillo” y *Amburana cearensis* “Ishpingo”, escogidas debido a su alta importancia económica y a la extensión y buen estado de las plantaciones experimentales en la Estación Experimental Alexander von Humboldt. Cada especie se analizará por separado y posteriormente se compararán sus resultados. Para el presente estudio se ha considerado 3 factores con 3 niveles cada uno: Sistemas de plantación (Fajas de 5 metros, 10 metros y 30 metros), tipos de suelo (Gleysol, Acrisol y Cambisol) y topografía (Plano, ondulado y colinoso). Para *C. paupera*; *S. amara* y *A. macrocarpon* se reportaran solo los promedios muestrales. Por otro

lado, no se llevaron a cabo ensayos en plantaciones de fajas para *C. alliodora*, *C. insignis*, *S. amazonicum* y *P. oppositifolia*.

Las razones por la que no se hallaron ensayos en todas las combinaciones probables son:

- No existe en forma natural alguna de las combinaciones de factores en estudio. Por ejemplo: no se hallaron suelos gleysoles en zonas colinosas o suelos cambisoles en terrenos planos.
- No se establecieron ensayos en algunas combinaciones de factores.
- Los ensayos establecidos en algunas combinaciones ya no existen, fueron destruidos por causas naturales o humanas (incendios, invasiones, etc.)

Se utilizó un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. Los cálculos utilizados para determinar el tamaño de parcela fueron realizados en base a información disponible de anteriores evaluaciones de las plantaciones de Von Humboldt realizados por el INIA en 1996 (datos sin publicar). El tamaño de muestra establecido fue de aproximadamente 100 individuos por cada tratamiento, por lo que cada una de las 5 repeticiones tiene 20 individuos o árboles originales.

El ancho de entrefaja de 5 m se eligió con el objetivo de prevenir el entrecruzamiento de copas a la edad de corta, teniendo en cuenta que se estima por ejemplo que a 30 años de edad un árbol de *Cedrelinga cateniformis* debe tener 60 cm de DAP y entre 10-15 m de diámetro de copa (Schwyzer 1981, Blaser et al. 1985, Vidaurre 1994).

Para las mediciones de campo se utilizó la metodología del Sistema MIRA-SILV (Ugalde 2002) y las variables medidas fueron las mismas que se utilizaron en las plantaciones en fajas de enriquecimiento.

4. Resultados y discusión

4.1 CEDRELINGA CATENIFORMIS

4.1.1 Plantaciones puras

En plantaciones puras, *C. cateniformis* alcanzó un DAP promedio de 35.8 cm en 20 años (Anexo 3 – Cuadro 1). El IMADAP fue de 1.96 cm/año. Este valor es superior al señalado por Baluarte (1999) para plantaciones puras de 15 años en Jenaro Herrera (1.5 cm/año) y similar al obtenido por Alencar y Araujo (1980) en Brasil, cuyo valor fue de 1.90 cm/año. Considerando estos resultados, esta especie está entre las más promisorias para plantaciones puras. La altura promedio fue de 26.4 m y el mayor valor individual fue de 37.2 m para un individuo de 61.8 cm de DAP. La altura dominante es definida en este estudio como la altura promedio de los 100

árboles más altos por hectárea. En las plantaciones puras, la especie con mayor altura dominante fue *C. cateniformis* con 30.78 m. Una alta altura dominante es indicador de la buena adaptación de la especie a las condiciones de sitio.

La tendencia de *C. cateniformis* a formar buenos fustes ya ha sido ampliamente reportada (Loureiro et al. 1979; Kanashiro 1991; Vidaurre 1994). El alto porcentaje de bifurcaciones en *C. cateniformis* (10.6 %) obedece a una tardía e inadecuada poda inicial, realizado al 8° año, que pretendía dejar una o dos ramas vigorosas (Anexo 3 – Cuadro 2). Este problema es más frecuente en plantaciones a campo abierto, a plena luz. Respecto al estado fitosanitario (Anexo 3 – Cuadro 3), el 100 % de los individuos de *C. cateniformis* son clasificados como vigorosos, es decir no presentan señales de plagas ni enfermedades, a pesar de las diferencias en altura y DAP entre los individuos. En relación a la forma de la copa, *C. cateniformis* posee de buena a regular arquitectura, con el 26.7 % de sus árboles con copa perfecta y 34.2 % con copa buena. Los individuos con copas de buena forma se hallan en los estratos superiores de la plantación, lo que favorece su desarrollo en altura y diámetro.

De todas las especies, la mayor área basal se presentó en *C. cateniformis* con 30.4 m²/ ha (Anexo 3 – Cuadro 4), este valor es significativo por cuanto corresponde a 309 árboles/ ha y un porcentaje de árboles remanentes de 28 %. Al respecto Claussi et al. (1992) estimó un área basal de 39.88 m²/ ha a los 18.5 años de edad en un ensayo a campo abierto con 3 x 3 de espaciamiento, sin embargo debe indicarse que este ensayo fue de reducidas dimensiones (630 m²) y los árboles recibieron el manejo adecuado.

En el ensayo de plantaciones puras en Von Humboldt el mayor resultado en volumen fue de *C. cateniformis* que alcanzó un valor de 380.2 m³/ ha (Anexo 3 – Cuadro 4). Sin embargo, a nivel de cada una de las 4 repeticiones de esta especie hubo una variabilidad en el rendimiento, la cual puede ser atribuida a la densidad de individuos existentes pero también a la capacidad productiva del sitio puesto que se observó en el campo variaciones relativas en el suelo y la fisiografía. Así en la parcela más productiva se obtuvo un volumen de 502.7 m³/ ha, mientras que en la menos productiva se obtuvo 301.3 m³/ ha.

Con respecto al volumen de *C. cateniformis* en plantaciones puras es necesario mencionar que en Jenaro Herrera, Perú (Claussi et al. 1992) se determinó un volumen de 409.5 m³/ ha a los 18.5 años en plantaciones con 3 x 3 m de espaciamiento inicial y con 622 árboles por ha. Por otro lado Vidaurre (1994) menciona que en base antecedentes de crecimiento en Tingo María e Iquitos (Perú) se ha hecho una estimación teórica de un volumen aprovechable de 870 m³/ ha

para 400 árboles a los 30 años, sin embargo es necesario más investigación al respecto, principalmente en parcelas permanentes de evaluación en estudios a largo plazo.

El mejor IMAVOL fue para *C. cateniformis* con 21.4 m³/ha/ año (no se incluye datos de raleos) lo cual es similar a otras especies forestales con productividades medias entre 20-30 m³/ha/ año como *Eucalyptus robusta* o *Eucalyptus urophylla*. Sin embargo bajo condiciones de sitio más adecuada y un manejo más intensivo esta especie puede ser más productiva como lo indican Claussi et al. (1992) quien señala un IMAVOL de 24.26 m³/ ha/ año para plantaciones a campo abierto en la zona de Jenaro Herrera, Perú.



Fig. 8.- *Cedrelinga cateniformis* en plantación pura de 24 años.

4.1.2 Plantación en fajas de enriquecimiento

A los 20 años de edad, la mayor parte de los tratamientos muestran un DAP promedio superior a 20 cm (Anexo 3 – Cuadro 5). Es notorio observar que en general los mayores resultados en DAP y en incremento medio anual en DAP han sido obtenidos en suelo acrisol. Los resultados menores se hallan en suelos de tipo cambisol. El mayor DAP promedio se presentó en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol–fisiografía plana–fajas de 5 m de ancho), con 30.7 cm de diámetro y un IMADAP de 1.6 cm/ año. Aplicando la prueba de Duncan se obtiene que estos resultados son significativamente diferentes al resto de tratamientos. Estos resultados son similares a los reportados por Hostettler (1990) en el Bosque Nacional de Iparía (Perú) , pero bastante menores a los mencionados por Lamprecht (1990) en Jenaro Herrera y Revoredo (1999) en Iquitos, ambos lugares también en la Amazonia peruana. Las

diferencias podrían deberse a factores del micrositio, ya que la región amazónica es ecológicamente muy compleja. Cabe señalar que en el tratamiento ACRPLA05 también se presentó el mayor DAP individual registrado en todo el experimento: 64.2 cm, lo cual es inusualmente alto. Asimismo es necesario enfatizar que el IMADAP es mayor durante los primeros años de crecimiento del árbol, tal como lo determinó Burgos (1954), quien halló para *C. cateniformis* un IMADAP de 4.6 cm/ año en los cinco primeros años. Por otra parte, Gutiérrez (1999) obtuvo un IMADAP de 3.1 cm/ año para plantaciones de 3 años en la zona de Tambopata (Perú). El bajo crecimiento diamétrico de algunos tratamientos está relacionado a la baja intensidad de manejo aplicado entre 1992-2000, ya que en general el crecimiento en diámetro disminuye al incrementarse los niveles de competencia entre los árboles (Galloway et al 2001).



Fig. 9.- *Cedrelinga cateniformis* en faja de 5m de ancho, suelo ultisol.

Con respecto a la fisiografía del terreno, existen diferencias significativas entre zonas colinosas y las zonas onduladas (Anexo 3 – Cuadro 6). En otras palabras, existe evidencia estadística (P 0.05) de que la fisiografía del terreno influye sobre el DAP de *C. cateniformis* establecidos en fajas de enriquecimiento. La influencia de la fisiografía sobre el IMADAP es menor. También se observa que no existe evidencia estadística de que el sistema de plantación (tipo de

faja) influya sobre el DAP o el IMADAP. En conclusión, de acuerdo al DAP, los mejores condiciones para *C. cateniformis* son los suelos acrisoles, con topografía de preferencia ondulada o colinosa. El efecto del sistema de plantación parece ser evidente solo en los primeros años de la plantación, a la edad actual (19-20 años) no hay diferencias.

C. cateniformis alcanzó a los 20 años de edad (Anexo 3 – Cuadro 5) un promedio de 23.2 m de altura en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol – fisiografía plana – faja de 5 m) con un IMAALT de 1.14 m/ año lo cual está dentro del rango de 1-1.5 m/año recomendado por Dawkins (1958) como condición necesaria para el éxito de un plantación en fajas de enriquecimiento en el trópico. La plantación en GLEPLA30 (suelo gleysol–fisiografía plana–faja de 30 m de ancho) también alcanzó una altura promedio alta (23.2 m) e incluso un IMAALT de 1.23 m/ año. Como comparación podemos mencionar el IMAALT de 1.38 m/ año hallado por Hostettler (1990) para plantaciones de 18 años de edad en el Bosque de Iparía (Perú), muy similar al Bosque Alexander von Humboldt o 1.39 m/año en plantaciones en fajas de enriquecimiento en Jenaro Herrera, Perú (Claussi et al. 1992). A menores edades el IMAALT es mayor, por ejemplo 3.12 m/ año hallados en plantaciones de 3.5 años en la zona de Tambopata, Perú (Gutiérrez 1999).

La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (Anexo 3 – Cuadro 6) muestra que, respecto al tipo de suelo, no hay evidencia estadística de que existan diferencias significativas entre la altura total promedio en los diferentes tipos de suelo. Con respecto a la fisiografía del terreno, no existen diferencias significativas entre zonas colinosas y las zonas onduladas. En otras palabras, no existe evidencia estadística (P 0.05) de que la fisiografía del terreno influye sobre la altura total de *C. cateniformis* establecidos en fajas de enriquecimiento. Tampoco hay evidencia de la influencia de la fisiografía sobre el IMADAP. Al no haber evidencia estadística de que el suelo y la fisiografía hayan influido sobre las diferencias existentes entre tratamientos a nivel de altura promedio, es necesario determinar que otras causas pudieran haber causado esta variación sobre la altura promedio:

- a) La densidad de la plantación. El espaciamiento entre los árboles va a determinar los niveles de competencia intraespecífica y por lo tanto la disponibilidad de recursos para el desarrollo. Al respecto mediante ensayos de Tipo Nelder se determinó que la densidad óptima para *C. cateniformis* en plantaciones a campo abierto fue de 1.8 x 1.8 a 2.5 x 2.5 (Claussi et al. 1992), aunque los autores reconocen que aun falta estudiar mas al respecto.
- b) Las intervenciones aplicadas. En los tratamientos

GLEPLA05 y ACRPLA05 se aplicaron raleos entre el sexto y octavo año.

- c) La altura de la entrefajas. Según información de campo, la altura de la vegetación en las entrefajas osciló entre 15-25 m. La altura del dosel adyacente va a influir fuertemente sobre calidad y cantidad de que reciben los árboles ubicados dentro de las fajas.
- d) El material genético empleado. Las semillas procedieron de distintos árboles semilleros de la zona, seleccionados por sus características plus.
- e) El método de plantación. En algunos casos se empleo plantones en bolsas y en otros casos siembra directa, lo cual afecta la arquitectura de la raíz y por lo tanto el crecimiento..

La altura dominante es definida en este estudio como la altura promedio de los 100 árboles más altos por hectárea (Alder 1980). Sin embargo, en muchas parcelas experimentales el número de árboles existentes fue inferior a 100, por lo que para el cálculo de la altura dominante se consideró a todos los árboles existentes, incluyendo a árboles con bajas dimensiones. En tal sentido, se planteó una nueva variable adicional que se denominó Altdom2, la cual fue definida como la altura promedio del 30 % superior de todos los árboles vivos colocándolos en orden descendente con respecto a su altura total. Es decir, por ejemplo, si en la parcela solo había 10 árboles, se consideró a los 3 árboles más altos para el cálculo de Altdom2. Este valor de 30 % se eligió considerando que los árboles pueden clasificarse según su DAP en 3 clases: gruesos, medios y delgados, cada uno abarcando un tercio de los árboles existentes.

A través de la altura de los árboles dominantes se puede determinar la calidad del sitio forestal, siendo éste la combinación de factores de suelo, pendiente, exposición, microclima, etc. La calidad de sitio es un indicador del potencial productivo de una zona. Cuando mayor es la calidad de sitio de un lugar para una especie, más valioso desde el punto de vista económico es para el hombre ese terreno. Si se observan árboles de 26.4 m de altura (tratamiento ACRPLA30), este corresponde a un buen sitio forestal, es decir; suelos profundos con acumulación de materia orgánica y bien drenados. En una zona colinosa, expuesta a los vientos, con suelos poco desarrollados, la altura de los árboles dominantes, sólo alcanza 17.4 m de altura (tratamiento CAMCOL05) esto nos indica un sitio muy poco productivo. La variable Altdom2 nos muestra que los mejores sitios para *C. cateniformis* corresponden a suelos acrisoles.

Con respecto a la altura comercial (Anexo 3 – Cuadro 5), el mayor valor promedio se obtuvo en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 5 m de ancho) con un valor de 12.7

m, el cual es significativamente superior a todos los demás tal como se muestra en el Cuadro 8. Este valor es superior al reportado por Revoredo (1999) en Iquitos (Perú), donde se obtuvo una altura comercial promedio de 11.7 m en plantaciones de 23 años. En árboles maduros del bosque natural, las alturas comerciales han sido estimadas entre 15-25 m (López 1981). Por lo tanto es posible que al avanzar la edad de los árboles y las ramas inferiores se desprendan, la altura comercial de los árboles de las plantaciones aumente en promedio.

En el *Anexo 3 - Cuadro 5* se muestra el número de árboles por hectárea y el porcentaje de árboles actuales en relación al número de árboles originales para cada uno de los tratamientos ensayados. Ambas variables son fuertemente influenciadas por la densidad inicial de la plantación y por lo tanto se observa amplias diferencias en el número de individuos remanentes. El tratamiento ACRPLA30 muestra el mayor número de individuos por ha (560 árboles/ha), lo cual se debe al diseño y espaciamiento de la plantación (fajas de 30 m de ancho). El número de árboles/ha también está fuertemente influenciado por las actividades de manejo de la plantación (resiembras, raleos). En tal sentido es necesario anotar el caso del tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho), que muestra las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo y posee solo el 54 % de árboles actuales con respecto al número original. Esta plantación fue sometida a un raleo de aproximadamente 45 % entre el sexto y octavo año, para eliminar los individuos con defectos. La diferencia entre los valores indicados (9 %) se considera mortalidad natural, cuyas causas principales son la competencia con la vegetación adyacente (entrefaja) y en algunos pocos casos a plagas y enfermedades. Exceptuado el tratamiento ACRPLA05, el mayor porcentaje de árboles existentes corresponde al tratamiento ACRPLA10 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 10 m de ancho) con 73 %. Los menores porcentajes de supervivencia se hallan en los tratamientos en suelo cambisol.

En relación a la forma del fuste (*Anexo 3 – Cuadro 7*), los tratamientos GLEPLA30 y CAMCOL10 mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo estas características el 100 % de sus individuos vivos. Los tratamientos ACRPLA30 (96.4 %) y CAMCOL05 (96.2 %) también muestran relativamente buenos fustes, mientras que en ACROND05 existe una ligera tendencia hacia fustes mas irregulares y menos rectos, ya que solo posee el 62.3 % de sus individuos con fustes rectos y sin defecto de forma. Este tratamiento también posee un 24.6 % de los individuos con fuste inclinado, sin que pueda concluirse que esto se deba a la fisiografía del terreno, ya que tratamien-

tos en zonas más colinosas, muestran principalmente fustes no inclinados como en el caso de CAMCOL05 y CAMCOL10. En general, la tendencia de *C. cateniformis* a formar buenos fustes en plantaciones ya ha sido reportada por varios autores (Loureiro et al 1979; Kanashiro 1991; Claussi et al. 1992, Vidaurre 1994). Esta característica, muy deseable desde el punto de vista comercial, es atribuible a predisposiciones genéticas de la especie, a la rapidez del crecimiento y a la buena poda natural. En estado natural también es notoria esta característica.

Con respecto a la sanidad de los árboles (*Anexo 3 – Cuadro 8*), es predominante la presencia de árboles vigorosos en todos los tratamientos, mientras que los individuos con algún tipo de daño en las ramas superiores no pasa en ningún caso del 10 %. Este detalle es consistente con López (1981) cuando afirma que aún no se han reportado enfermedades ni plagas de consideración en *C. cateniformis* a excepción de algunos hongos en la etapa de vivero. Sin embargo, hay que tenerse en cuenta la presencia de algunos árboles muertos en pie, que en algunos tratamientos fue de casi 2 %, sin que haya podido determinarse la causa de este fenómeno. Otro detalle a tenerse en cuenta fue la no utilización de pesticidas de ningún tipo para el manejo de estas plantaciones.

En relación con la posición de la copa (*Anexo 3 – Cuadro 9*), existe mucha variabilidad entre los tratamientos. El 42.1% de los individuos en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol - fisiografía plana - fajas de 30 m de ancho) muestran una copa completamente libre, mientras que en el caso de ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) la mayor parte de individuos (83.9 %) recibe la luz verticalmente, aunque se encontraron individuos con cada una de las diferentes categorías de posición de copa. Se observa para ACRPLA10 y ACROND05 que la cuarta parte de los árboles (24.7% y 25.0% respectivamente) muestran su copa dentro del sotobosque, es decir están completamente suprimidos, y es probable que no desarrollen más, ya que no reciben luz solar directa, sino que solo algo de luz difusa y por esta razón son débiles, de bajo crecimiento y con tendencia a morir. En todos los tratamientos, más del 50% de los individuos presentan copas parcial o totalmente cubiertas por otras copas, las cuales pueden ser de individuos de la misma especie o de otras especies (entrefaja). El mejor resultado en posición de copa se presenta en el tratamiento ACRPLA05 que posee el 62.2 % de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior; seguido de cerca por el tratamiento GLEPLA30 con el 60.5 %. Estos dos tratamientos también muestran un excelente crecimiento en diámetro y altura, lo cual no es sorprendente ya que la altura de los árboles está fuertemente relacionada

con el tamaño y vigor de sus copas, lo que genera diferentes ritmos de crecimiento y condiciones de competencia.

En relación a la forma de la copa (*Anexo 3 – Cuadro 10*), de nuevo, GLEPLA30 muestra la mejor arquitectura, con el 52.6 % de sus individuos con copa de tipo perfecta, es decir con forma de círculo completo y alta vigorosidad. Sin embargo ACRPLA05, ACRPLA30 y ACROND05, a pesar de su buen comportamiento en cuanto a posición de copa, presentan un porcentaje relativamente bajo de sus individuos con forma de copa perfecta (16.7 %; 16.1 % y 10.7 % respectivamente). De todas formas ACRPLA05, logra acumular un 63 % de sus individuos con copa perfecta o buena, lo cual es más consistente con su comportamiento en variables como DAP; altura total o altura dominante. La tendencia de *C. cateniformis* a formar buenas copas ya ha sido reportada por varios autores como Loureiro (1979), quién atribuye esta característica a la buena poda natural de esta especie. La buena forma de copas y de fuste también es mencionada por Aróstegui (1992) y Claussi et al. (1992) para las plantaciones y árboles semilleros de *C. cateniformis* en Jenaro Herrera (Perú). Un detalle importante de *C. cateniformis* es que en ningún tratamiento el porcentaje de árboles con copa muy pobre supera el 10 % de individuos, el más alto es el tratamiento ACRPLA30 con 8.9 %, lo cual se debe a la mayor densidad de la plantación, que incrementa la competencia entre individuos, ocasionando que alguno de ellos queden suprimidos y no desarrollen adecuadamente su copa.

Para el cálculo del volumen se presenta los valores obtenidos utilizando los dos tamaños de parcela "Opción 1" y "Opción 2". Para el área basal solo se muestran los resultados según la Opción 2. Asimismo los análisis estadísticos se realizaron utilizando como base las parcelas de la "Opción 2", cuyas dimensiones incluyen menos superficie de la entrefaja, que en ocasiones afecta significativamente las estimaciones del volumen por unidad de área, principalmente en las fajas de 30 m de ancho. En el Anexo 3 - Cuadro 11 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para los 9 tratamientos de este experimento, así como los resultados de la prueba de comparación de medias. Debe señalarse que para el caso de los tratamientos en fajas de 5 m de ancho, las dimensiones de las parcelas "Opción 1" y "Opción 2" tienen el mismo valor.

Tomando como base las parcela "Opción 2", la mayor área basal se presentó en el tratamiento ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 23.82 m²/ha. Los demás tratamientos muestran un área basal inferior a 6 m²/ ha, lo cual es reflejo de la baja densidad de las plantaciones en

fajas. Los bajos valores de área basal en plantaciones de enriquecimiento también fue comprobado por Claussi et al. (1992) en fajas de 4 m de ancho, entre-fajas de 15 m de ancho y 4 m entre árboles. A los 16,7 años se obtuvo 10.03 m²/ha para *C. cateniformis*. En otra plantación de 12.4 años se obtuvo solo 0.98 m²/ha de área basal, esta vez en fajas de 3 m de ancho, entrefajas de 20 m y 3 m entre árboles. Sin embargo no se indica las dimensiones y características de la parcela de evaluación. En las plantaciones de Von Humboldt, el menor resultado en área basal se presentó en el tratamiento CAMCOL05 con solo 1.78 m²/ha. En el *Anexo 3 - Cuadro 11* vemos que el valor de $P > F$ es menor a 0.0001, por lo tanto se concluye que la diferencia en área basal entre los tratamientos es altamente significativa al nivel de 0.05 o más precisamente se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en área basal entre los tratamientos.

Al analizar los resultados en términos de productividad en volumen total por hectárea (*Anexo 3 - Cuadro 11*), a la edad de 20 años, es importante destacar que la variable número de árboles por hectárea, muestra diferencias de hasta más de 400 árboles, al comparar un tratamiento con otro, por lo cual evidentemente los resultados fueron influenciados por la variable mencionada. A mayor densidad, mayor volumen maderero. Por ejemplo, entre el tratamiento más productivo en volumen, ACRPLA30 (226.9 m³/ha) y el menos productivo, CAMCOL05 (17.3 m³/ha), se da una diferencia de 489 árboles por hectárea, a favor del primer tratamiento. Por otra parte, ACRPLA05 (69.3 m³/ha) superó ampliamente en volumen a CAMCOL05 (17.3 m³/ha), a pesar de tener solo un árbol más de diferencia (72 y 71 árboles por hectárea respectivamente), lo cual en este caso debe ser atribuido principalmente a la calidad de sitio. El tratamiento ACRPLA30, que posee una densidad de 560 árboles por hectárea, muestra el mayor volumen de madera, con un valor de 226.9 m³/ha. Con respecto a la productividad de *C. cateniformis* en la literatura es escasa y por lo general solo se indica resultados de crecimiento y no de productividad. Además se ofrece pocos detalles sobre las características de la plantación y la metodología de evaluación. Solo el reporte de Claussi, Marmillo y Blaser (Claussi et al. 1992) brinda información bastante satisfactoria sobre productividad de esta especie forestal en fajas de enriquecimiento en Jenaro Herrera (Perú). Entre los resultados obtenidos se menciona un volumen de 138.3 m³/ha a los 16.7 años para plantaciones en fajas de 4 m de ancho, 15 m de entrefaja y un promedio de 125 árboles por ha, similar a algunas densidades de las plantaciones de Von Humboldt. Para los demás tratamientos, el volumen obtenido está entre 17.3 m³/ha (CAMCOL05) y 69.3 m³/ha (ACRPLA05).

Los resultados de IMAVOL están entre 13.4 m³/

ha/año (ACRPLA30) y 1.0 m³/ha/año (CAMCOL05) y como es obvio, la comparación de medias muestra diferencias significativas (*Anexo 3 - Cuadro 11*). Al respecto, Schwyzer (1981) menciona que *C. cateniformis* logra producir en plantaciones un IMAVOL de 15 a 20 m³/ha/año, en comparación con el bosque natural donde se encuentran incrementos de hasta 1 m³/ha/año.

4.2 AMBURANA CEARENIS

4.2.1. Plantaciones puras

En plantaciones puras el DAP promedio para *Amburana cearensis* (*Anexo 3 - Cuadro 1*) fue de solo 12.2 cm, debido probablemente a la alta densidad de la plantación (877 árboles por hectárea) que originó una fuerte recesión de copas, afectando el crecimiento de los árboles. Sin embargo los árboles que lograron alcanzar el dosel superior se desarrollaron adecuadamente y en tal sentido se halló varios individuos con más de 30 cm de DAP y más de 20 m de altura, evidenciando que el manejo adecuado mejoraría la calidad de la plantación. Asimismo se obtuvo una altura dominante de 16,4 cm.

Un alto porcentaje de árboles poco o muy sinuosos se presentó en *A. cearensis*, teniendo esta característica el 23.3 % y 37.4 % de los individuos respectivamente (*Anexo 3 - Cuadro 2*), mientras que el 65.8 % muestran inclinación del fuste. La tendencia al crecimiento inclinado y a formar fustes sinuosos son características intrínsecas de la especie, que debe necesariamente ser manejado a niveles aceptables mediante raleos y podas oportunas, aunque los resultados serán siempre limitados. *A. cearensis* presenta problemas fitosanitarios significativos, alrededor del 12 % de los individuos tienen afectados el eje principal o las ramas superiores o poseen más de 2 tercios de la copa muerta. El principal ataque observado fue el de termites. El daño producido por estos insectos puede ser significativo ya que puede originar la entrada de hongos o la caída del árbol por el viento. También se observó muchos árboles suprimidos con la copa dañada por la caída de ramas de los árboles de los estratos superiores. *A. cearensis* posee solo el 16 % de sus individuos con copa emergente y de amplias dimensiones de tal forma que el 65.2 % restante queda bajo las categorías de dosel intermedio, dosel inferior o sotobosque. Estos árboles, mayormente pequeños, al no recibir suficiente luz solar, no pueden alcanzar el dosel superior y están condenados a quedarse dominados en la plantación. Es recomendable que estos individuos sean eliminados como una forma de redistribuir el potencial del sitio en árboles con mayor capacidad competitiva.



Fig. 10.- Plantación de *Amburana cearensis* a campo abierto.

4.2.2 Plantación en fajas de enriquecimiento

A los 19 años de edad, la mayor parte de los tratamientos muestra un DAP promedio inferior a 10 cm (Anexo 3 – Cuadro 13). Es notorio que solo 4 tratamientos tienen un DAP mayor a 10 cm y que los dos tratamientos con mayor DAP están en suelo gleysol. Los resultados menores están concentrados principalmente en suelos de tipo cambisol. El mejor resultado en DAP promedio se presentó en el tratamiento GLEOND05 (suelo gleysol-fisiografía ondulada-fajas de 5 m de ancho), con 14.6 cm de diámetro. Considerando la edad de la plantación, estos resultados muestran que *A. cearensis* es una especie de mediano a lento crecimiento. Esta tendencia también es también notoria considerando los valores de IMADAP, ya que el valor más alto es de 0.8 cm/año en el tratamiento GLEOND05. En otras experiencias se determinaron valores de IMADAP más bajos, por ejemplo 0.51 cm/año en plantaciones en vías de extracción maderera en Acre, Brasil (D'Oliveira 2000) o 0.38-0.41 cm/año en fajas de enriquecimiento en la Carretera Marginal, Perú (Galván 1996). Sin embargo, en otro ensayo llevado a cabo en Acre, Brasil, bajo un sistema de bloques compuesto por cinco líneas de árboles separados por 1.5 m; se halló un IMADAP de 1.23 cm/año, similar a especies como *Leucaena leucocephala* o *Cedrela odorata* (Miranda y Valentim 2000). Este crecimiento es inusualmente alto para la especie y nos indica que bajo condiciones adecuadas puede acelerar su crecimiento natural. Es necesario enfatizar que el IMADAP es mayor durante los primeros años de vida del árbol, tal como fue determinado por Soudre et al. (2001), quienes hallaron a los 13 meses de edad un DAP entre 1.1–1.3 cm para plantaciones en áreas degradadas de Pucallpa, Perú.

Con respecto al DAP, el valor de $P > F$ es menor a 0.0001 (Anexo 3 – Cuadro 13), por lo tanto concluimos que la diferencia en crecimiento en DAP entre los trata-

mientos es significativa a nivel de 0.05. La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales muestra que el DAP promedio de los tratamientos en suelos gleysol difiere significativamente de los establecidos en suelos acrisol y cambisol. Entre suelos acrisol y cambisol también hay diferencias significativas. Podemos concluir por lo tanto que *A. cearensis* en plantaciones en fajas de enriquecimiento obtiene mejores diámetros en suelos gleysol y los suelos más inadecuados son los cambisoles.

Con respecto a la fisiografía del terreno, no existen diferencias significativas entre terrenos planos y colinosos, en otras palabras, no hay evidencia estadística de que la topografía influya sobre el DAP de *A. cearensis*. En cambio el sistema de plantación si muestra una influencia sobre el DAP, probablemente debido a los diferentes regímenes de luz que reciben los árboles, lo cual origina una desigual disponibilidad de energía para el crecimiento.

El análisis nos permite sacar concluir que *A. cearensis* es una especie muy susceptible a la falta de manejo, por lo que la falta de intervenciones silviculturales y de mantenimiento origina una competencia por recursos entre los árboles de esta especie y también con la vegetación ubicada en las entrefajas. En consecuencia la mayor parte de individuos no crece y solo unos pocos logran alcanzar el dosel superior y maximizar su desarrollo. En base a los resultados obtenidos se puede afirmar que *A. cearensis* es una especie de lento a mediano crecimiento. La mayor altura total promedio se obtuvo en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol - fisiografía plana - faja de 10 metros de ancho) con 10.7 m y con un IMAALT de 0.5 m por año lo cual es mucho menor del rango de 1-1.5 m/año recomendado por Dawkins (1958) como condición necesaria para el éxito de una plantación en fajas de enriquecimiento en el trópico.



Fig. 11 – *Amburana cearensis* en fajas de 30 m de ancho

La plantación en GLEOND05 (suelo gleysol-fisiografía ondulada-fajas de 5 m de ancho) también alcanzó una altura promedio alta (10.4 m) y un IMAALT de 0.5 m/ año. Como comparación podemos mencionar el IMAALT de 0.53 m/ año en fajas de enriquecimiento hallado por Galván (1996) en la Zona de la Carretera Marginal, Perú, aunque en este caso se trató de plantaciones de 8 años de edad. Sin embargo, en algunos casos el IMAALT puede llegar hasta 0.8 m/ año tal como es reportado por Miranda y Valentim (2000) en el Estado de Acre, Brasil en plantaciones experimentales de cuatro años. También en otra zona de Brasil D'Oliveira (2000) obtuvo un IMAALT de 0.64 m/ año en plantaciones en viales de extracción forestal de 5 años, lo cual es atribuido por el autor al manejo adecuado de la luz e incluso recomienda esta técnica de plantación para *Amburana cearensis*. En plantaciones agroforestales el IMAALT de *A. cearensis* puede ser aún mas bajo, como es reportado por De la Cruz (1999) quien halló una altura promedio de 1.0 m en plantaciones de 4 años en la zona del Huallaga Central (Perú) similar al 1.09 m de altura promedio hallado por Soudre et al. (2001) a los 13 meses de edad en plantaciones en pasturas degradadas de Pucallpa (Perú).

El valor de $P > F$ es igual a 0.0009, por lo tanto se concluye que la diferencia en crecimiento en altura total entre los tratamientos es significativa al nivel de 0.05. A nivel de IMAALT también hay diferencias significativas. La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (*Anexo 3 - Cuadro 14*) muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos en suelo gleysol y los ubicados en suelo acrisol y cambisol en conjunto. Podemos concluir que los mejores resultados en altura total se hallan en suelo gleysol. Con respecto a la fisiografía del terreno, no existen diferencias significativas entre zonas colinosas y las zonas onduladas y entre estas últimas en conjunto versus las zonas planas. En otras palabras, no existe evidencia estadística ($P > 0.05$) de que la fisiografía del terreno influya sobre la altura total de *A. cearensis* establecido en fajas de enriquecimiento. Tampoco hay evidencia de la influencia de la fisiografía sobre el IMAALT.

La altura dominante (Altdom1) es definida en este estudio como la altura promedio de los 100 árboles más altos por hectárea. La variable Altdom2 es definida como la altura promedio del 30% superior de todos los árboles vivos colocándolos en orden descendente con respecto a su altura total. Los resultados de Altdom1 y Altdom2 se presentan en el *Anexo 2 - Fig. 15*. La mayor altura dominante promedio (Altdom1) se presenta en el tratamiento GLEPLA30 (Suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 15.78 m y también se halla ahí el mejor resultado de Altdom2 con 17.40 m. El segundo mejor sitio también en suelo gleysol es el

tratamiento GLEPLA10 con 11.94 de Altdom1 y 12.92 m de Altdom2. El sitio con menor productividad se halla en el tratamiento ACRPLA10 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 10 m de ancho) con 7.3 m de Altdom1 y 10.0 m de Altdom2. La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (*Anexo 3 - Cuadro 14*) muestra que definitivamente, los mejores resultados en altura dominante se hallan en suelo gleysol, por lo que se concluye que comparativamente este tipo de suelo es el mejor para esta especie.

Con respecto a la altura comercia (*Anexo 3 - Cuadro 13*), se puede observar un bajo valor para todos los tratamientos, ya que el tratamiento con mejor altura comercial es el GLEPLA30 con solo 7.15 m, lo cual se debe en gran parte a la mala arquitectura de los individuos de esta plantación. La altura comercial de los árboles de *A. cearensis*, en especial los ubicados en suelo gleysol, pudo haberse mejorado con un manejo y mantenimiento adecuado de la masa forestal. En este sentido es necesario resaltar la escasez de información sobre el crecimiento de esta especie, a pesar de haberse llevado a cabo plantaciones experimentales desde inicios de la década de los ochenta.

En el *Anexo 3 - Cuadro 13* se muestra el número de árboles por hectárea para cada uno de los tratamientos ensayados. Es obvio que este número depende básicamente de la densidad inicial de la plantación y por lo tanto se observa fuertes diferencias en el número de individuos remanentes. La densidad actual de los árboles va a influir fuertemente sobre las variables de productividad tales como el área basal y el volumen. El tratamiento con el mayor número de árboles por hectárea es ACRPLA30 con 420 árboles/ ha. Sin embargo en el caso del porcentaje de árboles actuales con respecto al número de árboles originales, si se observan similitudes entre el tratamiento GLEPLA10 y CAMCOL10 con 91 % y 90 % respectivamente. Estos valores se asemejan al 91 % de supervivencia hallado por D'Oliveira (2000) en plantaciones de 5 años en viales de extracción forestal en Acre, Brasil. Por otro lado, el menor porcentaje se halla en el tratamiento CAMOND05 con 31%. Puesto que no se han realizado raleos, en ninguno de los tratamientos con *A. cearensis*, las altas diferencias de árboles vivos actuales entre los tratamientos son difíciles de explicar y es bastante probable que se deban a factores de mal manejo de la plantación en asociación con las condiciones del sitio y el material genético empleado. El análisis de variancia muestra diferencias significativas ($P > 0.05$) entre el tratamiento ACRPLA30 y el resto de tratamientos con respecto al número de árboles por hectárea (*Anexo 3 - Cuadro 13*).

Una de las características naturales más notorias de *A. cearensis* es la forma sinuosa del fuste. En tal sentido, todos los tratamientos, a excepción de GLEPLA30, presentaron fustes sinuosos en más del 20 % de sus

individuos, especialmente en ACRPLA30 con 34.9 % de sus individuos poco sinuosos y 9.5 % muy sinuosos (Anexo 3 – Cuadro 15). Otra característica que afectó la forma del fuste son las bifurcaciones bajas, el mayor valor se presenta en CAMOND05 con 29.0 % de sus individuos con bifurcaciones que influyen negativamente sobre el valor del fuste. El tratamiento ACRCOL05 presentó un 60.5 % de sus individuos con fustes rectos y sin defecto de forma, en todos los otros tratamientos este porcentaje varió entre 12.7 % (ACRPLA30) y 54.8 % (ACROND05). El porcentaje de árboles inclinados también es notorio en todos los tratamientos, con la sola excepción de CAMOND05, que no presenta ningún individuo con esta característica. En otras plantaciones experimentales también se hallaron pocos fustes rectos. Por ejemplo Galván (1996) halló que en fajas de enriquecimiento en la Carretera Marginal (Perú) la tendencia de los individuos de *A. cearensis* a formar fustes “deformados” y que difícilmente se pueden hallar árboles con un fuste recto mayor de cuatro metros. En general, se concluye que esta especie presenta muchos problemas de forma, al ser establecido en fajas de enriquecimiento.

Con respecto a la sanidad de los árboles (Anexo 3 - Cuadro 16), existe en general, un predominio de individuos vigorosos, aunque en menor grado que en *C. cateniformis*. Solo en caso de los tratamientos ACRPLA10 y ACRPLA30 existe un porcentaje mayor de 25 % con algún tipo de daño en el fuste, principalmente ataque de comejenes (Isóptera) y de insectos defoliadores. Esta cifra también incluye daños causados por caídas de ramas.

En relación a la posición de la copa (Anexo 3 – Cuadro 17), existe mucha variación entre los tratamientos. El 19 % de los individuos en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-fajas de 30 m de ancho) muestra una copa completamente libre, mientras que en el caso de ACRPLA10 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 10 m de ancho) la mayor parte de los individuos (65 %) presenta su copa dentro del sotobosque, es decir están completamente suprimidos y es probable que no desarrollen más. Estos individuos no reciben luz solar directa, solo algo de luz difusa y por esta razón son débiles y con tendencia a morir. Debe tenerse en cuenta que en este tratamiento, solo existe un 53% de árboles remanentes en relación al número original, de los cuales solo el 2 % presenta su copa en el estrato superior es decir emergentes. En general, para todos los tratamientos, más del 80 % de los individuos presenta copas parcial o totalmente cubierto por otras copas, las cuales pueden ser de individuos de la misma especie, pero principalmente de otras especies. Como comparación podemos mencionar que Galván (1996) determinó en fajas de enriquecimiento de ocho años en la Carretera Marginal (Perú) que entre el 43-57% de

los individuos poseían sus copas en el dosel inferior y solo el 2 % tenía su copa en la categoría emergente. En general, el mejor resultado en posición de copa se presenta en el tratamiento GLEOND05 que posee el 40% de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior.

En relación a la forma de la copa (Anexo 3 - Cuadro 18) GLEOND05 (Suelo gleysol-fisiografía ondulada-faja de 5 m de ancho) muestra la mejor arquitectura, con 24 % de individuos con copa perfecta y 17 % con copa buena, mientras que ACRPLA10 posee el 35 % de sus individuos con copa de forma muy pobre, lo cual es consistente con el hecho de tener la mas baja altura promedio (7.3 m) del experimento, ya que los árboles con copas deformes y suprimidas tienden a desarrollar poco en diámetro y altura.

Para el cálculo del volumen (Anexo 3 - Cuadro 20) se presenta los valores obtenidos utilizando los dos tamaños de parcela “Opción 1” y “Opción 2”. Para el área basal solo se muestran los resultados según la Opción 2. Asimismo los análisis estadísticos se realizaron utilizando como base las parcelas de la “Opción 2”, cuyas dimensiones incluyen menos superficie de la entrefaja, que en ocasiones afecta significativamente las estimaciones del volumen por unidad de área, principalmente en las fajas de 30 m de ancho. En el Anexo 3 - Cuadro 19 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para los 11 tratamientos de este experimento, así como los resultados de la prueba de comparación de medias. Debe señalarse que para el caso de los tratamientos en fajas de 5 m de ancho, las dimensiones de las parcelas “Opción 1” y “Opción 2” tienen el mismo valor.

Debido a los bajos diámetros y al bajo número de árboles por hectárea obtenidos en los diversos tratamientos de este experimento, también las áreas basales resultantes fueron bajas. El mejor resultado en área basal se presentó en el tratamiento GLEPLA30 con 5.62 m²/ha. Todos los otros tratamientos muestran un área basal mas baja aún y esto es reflejo básicamente de la baja densidad de las plantaciones en fajas de enriquecimiento. En el Anexo 3 - Cuadro 19 vemos que el valor de $P > F$ es menor de 0.0001, por lo tanto se concluye que la diferencia en área basal entre los tratamientos es altamente significativa a nivel de 0.05 o más precisamente se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en área basal entre los tratamientos.

Los resultados de productividad en términos de volumen (Anexo 3 – Cuadro 19) están afectados por el número de individuos actuales por hectárea. A mayor densidad, mayor volumen maderero. Por ejemplo, entre el tratamiento más productivo en volumen GLEPLA30 (39.30 m³/ha) y el menos productivo CAMOND05 (1.52 m³/ha) se da una diferencia de 92 árboles a favor del primero. El segundo tratamiento con mayor volumen es ACRPLA30 (14.52 m³/ha), el cual sin embargo posee 420

árboles/ ha, el mayor número de individuos por hectárea de todo el experimento. Un caso notorio de analizar se da entre los tratamientos GLEPLA10 y GLEPLA30. El primer tratamiento tiene más individuos (307 árboles/ ha) que el segundo (248 árboles/ ha), pero este último casi cuadruplica en volumen al primero. Puesto que en este caso el único factor que varía es el ancho de la faja, podemos concluir que en la faja de 30 m de ancho, la mayor intensidad de luz originó un mayor desarrollo en DAP (13.5 cm) y altura total promedio (10.7 m), lo cual al final se ve reflejado en el mayor volumen maderero. Las diferencias en volumen observadas en algunos casos entre las parcelas de la Opción 1 y la Opción 2, se deben a que en el primer caso se incluye mayor superficie de entrefaja, por lo cual el número de árboles por unidad de área disminuye, afectando al área basal y al volumen.

Los resultados de IMAVOL están entre 2.08 m³/ha/año (GLEPLA30) y 0.10 m³/ha/año (ACRPLA10) y como es obvio, la comparación de medias muestra diferencias significativas

4.3 SWIETENIA MACROPHYLLA

4.3.1 Plantaciones puras

A los 20 años de edad en plantaciones puras, se obtuvo un DAP promedio de 12.6 cm, con un valor máximo de 21.5 cm (Anexo 2 – Figura 1). Con relación a la altura total se obtuvo un promedio de 7.8 m. Estos valores son extremadamente bajos para esta especie, y solo sirve para corroborar que el sistema de plantaciones puras y en zonas con alta incidencia de *Hypsipyla grandella* deben evitarse.



Fig. 12,- Ataque de *Hypsipyla grandella* a planta de caoba.

El principal factor que ha limitado el cultivo de la caoba en plantaciones ha sido el ataque del barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella*, el cual esta

ampliamente extendida por los trópicos. La larva destruye la yema Terminal de las plantas jóvenes, afectando negativamente al vigor y causando bifurcaciones, lo cual termina por ocasionar un menor valor económico de la madera. Esta plaga causó el fracaso de numerosas plantaciones en Puerto Rico, Guatemala, Perú y Cuba (Mayhew et al, 1998). Al respecto, en el Anexo Experimental von Humboldt se condujeron diversos ensayos y estudios biológicos y silviculturales del barrenador del brote de las meliáceas, *Hypsipyla grandella*, que ataca a la caoba y al cedro colorado, dos de las maderas más valiosas en la Amazonía. Estos ensayos se dirigieron a evitar y/o controlar la plaga mediante control químico y medidas silviculturales. Los resultados preliminares, indican que los árboles jóvenes de cedro fueron más atractivos al insecto que los árboles jóvenes de caoba (INIA, 1991). Respecto al control químico, la emulsión piretroide pulverizada sobre la superficie de las hojas resultó ser el método más efectivo, pues permanece activa de 3 a 5 semanas. Si se desea obtener un mejor crecimiento, los árboles de caoba deberán ser plantados en fajas de 5 m de ancho, de preferencia en laderas de suelo cambisol y el cedro colorado en fajas de 5 m de ancho sobre laderas de suelo acrisol. Con ambas especies, la densidad no debería superar las 10-15 plantas por hectárea (INIA, 1991).

Como ejemplo de buenos crecimientos de caoba en otros lugares podemos mencionar que en Martinica, en lugares situados entre 250 m y 500 m sobre el nivel del mar, el crecimiento de caoba a los 20 años según Marie (1949) fue de 20,25 m de altura y 46,5 cm en DAP. Asimismo Wadsworth (1960) informa sobre el crecimiento de los árboles de caoba en diferentes países de América. En Nicaragua, una plantación de 7 años de edad, a 15 m.s.n.m.; con temperatura promedio de 25° C y 3000 mm de precipitación, medía 10 m de altura total y 11 cm de DAP. En Jamaica, una plantación de 10 años de edad, establecida a 600 m.s.n.m, en un suelo residual donde se producían elevadas precipitaciones, se obtuvo 10 m de altura total y 15 cm de DAP.

4.4 SIMAROUBA AMARA

4.4.1. Plantaciones puras

En DAP *S. amara* obtuvo 16.2 cm a los 20 años (Anexo 2 – Figura 1), lo cual es bajo para esta especie, considerada de rápido crecimiento. Para esta especie en plantaciones en Perú se obtuvo 24.3 cm a los 11 años (Revoredo 1999) y 26 cm a los 15 años a campo abierto aunque la fuente bibliográfica no indica la densidad de la plantación (Baluarte 1999). En Chocó (Colombia) se obtuvo un DAP de 21.4 cm a los 12.5 años (CONIF 1986) en plantaciones en líneas de enriquecimiento.

El incremento medio anual en DAP es de 0.87 cm/

año, valor bajo para esta especie ya que por ejemplo Claussi et al. (1992) indican un IMADAP de 1.29 cm/ año para esta especie en plantaciones puras de 18 años con un espaciamiento de 3 x 3 m, similar al de Von Humboldt, aunque no se indican datos sobre raleos. Asimismo se obtuvo una altura promedio de 14.2 m, aunque a nivel individual numerosos árboles del experimento superaron los 25 m de altura. El promedio indicado es bajo para esta especie de rápido crecimiento, propia de bosques secundarios. Por ejemplo en la región del Chocó (Colombia) se obtuvo una altura de 19.0 m a los 12.5 años (CONIF 1986) en plantaciones en líneas de enriquecimiento. *S. amara* presentó un incremento medio anual en altura de 0.75 m/ año. Como comparación Baluarte (1999) determinó en Jenaro Herrera (Perú) un IMAALT mayor de 1.5 m/ año en plantaciones a campo abierto. En el Perú, el mayor IMAALT de *S. amara* registrado es de 1.9 m/ año en la zona de Iquitos (Revoredo 1999). Por otro parte *S. amara* alcanzó una altura dominante de 19.5 m. El promedio en altura comercial para *S. amara* es de 8.2 m.

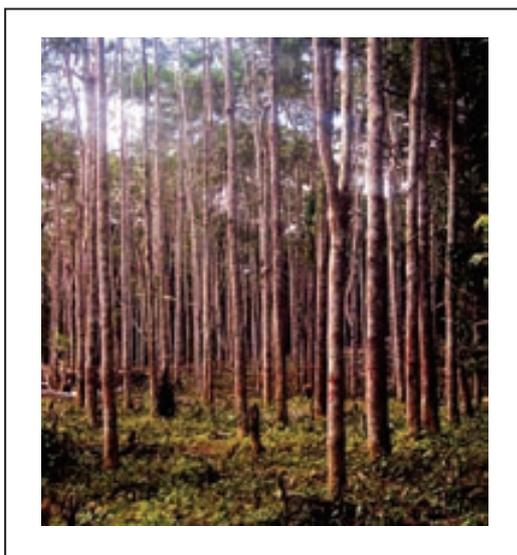


Fig. 13.- Simarouba amara en campo abierto

En el caso de *S. amara* se observó algunos árboles atacados por termites. La baja resistencia de *S. amara* a los termites ya fue demostrado en un ensayo en la Amazonia brasileña (Abreu y Silva 2000). El alto porcentaje de troncos rectos de *S. amara* en plantaciones (Anexo 3 – Cuadro 1) también ha sido reportado por Revoredo (1999) quien halló esta característica en el 74-83 % de los árboles. Claussi et al. (1992) señala que *S. amara* en plantaciones bajo diferentes sistemas y densidades mostró por lo general buena forma de fuste, superior al de otras especies.

4.4.2 Plantación en fajas de enriquecimiento

Los mejores valores de crecimiento y productividad (Anexo 3 – Cuadro 23) se obtuvieron en el tratamiento SIAMF10C (Faja de 10 m de ancho, suelo cambisol, fisiografía de colinas suaves), con 22.7 cm de DAP promedio; 21.97 m de altura total promedio y 24.6 m de altura dominante a los 23 años de edad. En relación a la plantación de campo abierto, se observa un mayor crecimiento en altura, por lo cual puede deducirse que esta especie requiere de sombra lateral para un mejor incremento en altura. Sin embargo, también se ha encontrado una fuerte cantidad de individuos con defectos, lo cual indica la gran necesidad de manejo inicial para un resultado satisfactorio de esta especie.

4.5 ASPIDOSPERMA MACROCARPON

4.5.1 Plantaciones puras

Aspidosperma macrocarpon también obtuvo un DAP promedio (16.1 cm) relativamente alto, a pesar de ser considerada una especie de lento crecimiento (Anexo 2 – Figura 1). A nivel individual se obtuvo un DAP máximo de 27.1 cm para un individuo de 25 m de altura total y 15 m de altura comercial, lo cual indicaría que con un buen adecuado manejo, el desarrollo de los árboles en las condiciones del sitio se incrementaría significativamente. Como comparación en fajas de enriquecimiento en Von Humboldt se obtuvo un DAP de 10.4 cm a los 8 años con un IMADAP de 1.3 cm/ año (Angulo 1996) mientras que en otros ensayos en fajas ejecutados anteriormente en la misma zona se obtuvo un DAP de 7.2 cm a 10 años de edad (Castillo 1987). En altura total promedio *A. macrocarpon* alcanzó 15.5 m, lo cual es incongruente con su clasificación de especie de lento crecimiento. Algunos individuos del experimento llegaron a superar los 25 m de altura y en todo caso es significativo que la altura dominante de este experimento sea de 18.5 m, lo cual indica una buena adaptación de la especie a estas condiciones de sitio.

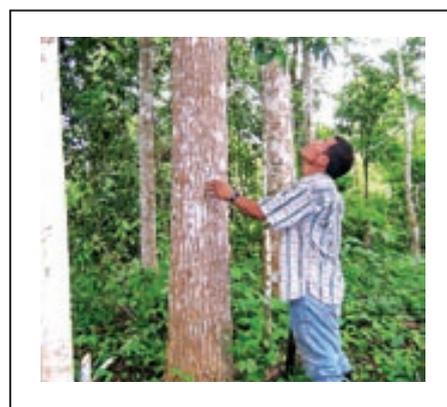


Fig. 14.- *Aspidosperma macrocarpon* a campo abierto.

A. macrocarpon alcanzó una altura dominante de 16,4 m. En altura comercial se obtuvo 9.5 m. Al ser una especie que mostró rápido crecimiento, la mayor parte de los individuos alcanzaron rápidamente el dosel superior y formaron una cubierta alta de copas. Las ramas interiores al no recibir luz murieron y por lo tanto los individuos de estas especies mostraron fustes rectos y libres de malformaciones de mayor longitud.

4.5.2 Plantaciones en fajas de enriquecimiento

El crecimiento de A. macrocarpon en fajas de enriquecimiento (Anexo 3 – Cuadro 21) fue menor para todas las variables, indicándonos que esta especie es muy susceptible a las deficiencias de luz. El mejor DAP promedio (11.6 cm) se obtuvo en fajas de 10 m de ancho, suelos cambisoles y topografía colinosa. Aunque la mayor altura total (12.0 m) promedio también se obtuvo en este tratamiento, la mayor altura dominante (14.17 m) se obtuvo en fajas de 30 m, suelos acrisoles y fisiografía plana, muy similares a las condiciones de las plantaciones de campo abierto. Podemos concluir que bajo condiciones de suelo acrisol y con un buen manejo de la luz, esta especie crece satisfactoriamente.

4.6 COPAIFERA PAUPERA (HERZOG) DWYER

4.6.1 Plantaciones puras

C. paupera muestra 14.0 cm de DAP a los 20 años, resaltando un lento crecimiento (Anexo 2 – Figura 1). En otras plantaciones en fajas de enriquecimiento también se obtuvo un DAP de solo 2.5 cm al cabo de 7 años (Castillo 1987). La altura total promedio fue de 8.07 m y la altura dominante fue de 13.2 m. Asimismo C. paupera, que también presenta un alto porcentaje de árboles con defectos, necesita un manejo más intensivo en las fases iniciales de desarrollo de la plantación, para garantizar fustes de mejor calidad para la cosecha final. En relación al porcentaje de árboles actuales con respecto al número de árboles originales, para C. paupera se obtiene un 76 %. Es necesario indicar que las plantaciones de C. paupera no se ralearon por la carencia de un mercado local para el producto de los raleos y porque los problemas sociales impidieron ingresar a la zona para manejar adecuadamente la plantación. En el caso de C. paupera, la mayor parte de los individuos no reciben luz directamente, aunque se encontraron individuos en cada una de las diferentes categorías de posición de copa. Puede concluirse que en el ensayo de Von Humboldt, al no ejecutarse los raleos necesarios, la excesiva densidad de la plantación afectó el crecimiento de esta especie.

A pesar del alto número de individuos por unidad de área, C. paupera muestra una productividad muy

inferior a la de las otras especies en este experimento, ya que es bastante menor a los volúmenes obtenidos con C. cateniformis y S. amara, a pesar de estas en las mismas condiciones de establecimiento. C. paupera posee solo el 0.3% de sus individuos con copa perfecta y un 19.1 % con copa muy pobre, es decir con solo una o pocas ramas y tienen pocas probabilidades de crecer o sobrevivir.



Fig. 15.- Copaifera paupera en plantaciones puras.

4.6.2 Plantaciones en fajas de enriquecimiento

Se observa que en fajas de enriquecimiento, C. paupera crece de muy lento a lento (Anexo 3 – Cuadro 22), en un rango de 0.35 – 0.75 cm por año en DAP y 0.28 – 0.58 m por año en altura total. La altura dominante también es baja, obteniéndose el mayor valor (13.96 m) en fajas de 30 m, suelo gleysol y fisiografía plana. Comparando los resultados obtenidos en plantaciones puras y en fajas de 30 m, podemos concluir que esta especie requiere abundante luz para poder crecer, suelos gleysoles y fisiografía de planas a onduladas.



Fig. 16.- Copaifera paupera en fajas de enriquecimiento.

4.7 *Ceiba insignis* HBK (Bombacaceae)

4.7.1 Plantaciones puras

En el Anexo 3 – Cuadro 24 se observa que *C. insignis* fue una especie con un alto DAP promedio, alcanzando 35.01 cm en 20 años (Saavedra & Flores, 2005), sin embargo este valor considera en muchos casos la parte abultada del fuste que presenta esta especie, por lo que es importante tener en cuenta que los valores tomados podrían variar siempre y cuando se diseñe su propia fórmula volumétrica.



Fig. 17 – *Ceiba insignis* en plantaciones puras.

Las primeras experiencias en la Estación Alexander von Humboldt con la especie *C. insignis* en plantaciones, reportan que ésta creció 17 cm en diámetro a los 12 años, pero sembradas en fajas de enriquecimiento distanciadas 20 m entre sí, abiertas en un bosque fuertemente intervenidos (Carrera, 1987). Lo que, tomándolo comparativamente con los resultados obtenidos, se demuestra que esta especie ofrece una excelente alternativa para ser trabajada en la calidad de sitio estudiado. En cuanto a IMADAP, se obtuvo 1.70 cm/ año. Este valor es inferior al señalado por Angulo (1995) para esta misma plantación a los 10 años en el Bosque von Humboldt (3.48 cm/ año) y similar al obtenido por Carrera (1987) bajo el sistema Taungya en el mismo Bosque Alexander von Humboldt, cuyo valor fue de 1.76 cm/ año.

En todo caso, considerando estos resultados, esta especie está entre las más promisorias para plantaciones puras, ya que Carrera (1987) lo califica como de buen crecimiento cualitativo y cuantitativo, además de buena supervivencia. *C. insignis* presentó un IMAALT de 0.54 m/año, que igualmente demuestra un resultado muy bajo para lo esperado de esta especie.

4.8 SCHIZOLOBIUM AMAZONICUM

4.8.1 Plantaciones puras

Para *S. amazonicum* se obtuvo a los 20 años de edad, un DAP de 25.35 cm (Anexo 3 – Cuadro 24), lo cual puede considerarse como aceptable para esta especie; sin embargo para esta misma especie estos valores serían bajos si se toma en cuenta que en Santa Cruz (Bolivia), en asociación con plátano, se alcanzó un promedio 8.9 cm de DAP a los 3 años, y 23 cm de DAP, a los 8 años (Justiniano et al, 2001); así mismo, ROCHA, (1994); reporta datos similares en plantaciones agroforestales del departamento de Cochabamba, donde los árboles alcanzaron 7.46 cm de DAP a los 3 años, pero quedaría aún mas bajo si comparamos con las plantaciones del valle de Chanchamayo, donde alcanzan hasta 30 cm de diámetro en 5 años pero considerando que estos presentan suelos aluviales (Reynel et al, 2003). Por otro lado, Sabogal et al. (2006) reportan crecimientos aun mas altos en Brasil, con un IMADAP de 3.49 cm/ año en plantaciones puras.



Fig. 18.- *Schizolobium amazonicum* en plantaciones puras de 03 años.

S. amazonicum presentó un IMAALT de 0.59 m/ año, lo cual en realidad es bajo para esta especie, considerada de rápido crecimiento, ya que como comparación Justiniano et al, (2003); muestra que en plantaciones provenientes de parcelas agroforestales establecidas entre 1985 y 1990 por el Proyecto Peruano-Alemán en la selva central del Perú reportan un IMAALT de 1,6 m/ año a los 5 años, a un distanciamiento de 5 x 5 m. La altura dominante para esta especie es de 14.4 m.

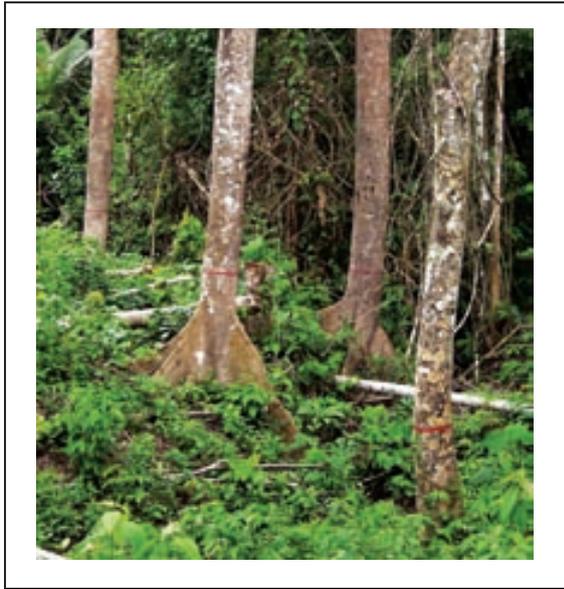


Fig. 19.- *Schizolobium amazonicum* en plantaciones puras de 18 años.

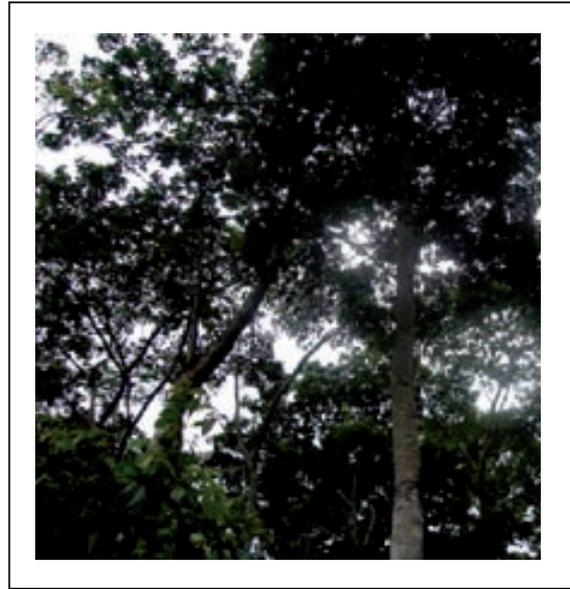


Fig. 20.- *Cordia alliodora* en plantaciones puras.

4.9 CORDIA ALLIODORA (RUIZ & PAVON) OKEN (BORAGINACEAE)

4.9.1 Plantaciones puras

Para *Cordia alliodora* se obtuvo un DAP promedio de 14.18 cm a los 20 años, probablemente debido a que no hubo un manejo adecuado para la plantación, originándose una fuerte recesión en el desarrollo, afectando el crecimiento de los árboles establecidos. Sin embargo los árboles que lograron alcanzar el dosel superior si desarrollaron adecuadamente y en tal sentido se halló varios individuos con más de 20 cm de DAP y más de 20 m de altura, evidenciando que el manejo adecuado mejoraría la calidad de la plantación. Aunque lo más probable es que la condición de sitio no sea el mejor para esta especie, ya que normalmente tiene un crecimiento muy rápido y que puede alcanzar hasta 50 cm de diámetro a los 20 años (Flinta, 1960 citado por Reynel, 2003), además que Liegel & Stead, (2004); reportan que en las plantaciones jóvenes de Puerto Rico se obtuvo un DAP de 7 cm en inceptisols y de 2.4 cm en ultisols a los 6 años, lo que de alguna forma indica que la zona elegida para la plantación de esta especie no fue la correcta.

C. alliodora igualmente registró en este ensayo un IMAALT de 1.71 m/ año, lo cual demuestra que estos datos están de acuerdo a lo reportado por Reynel et al, (2003); donde señala que en Brasil, esta especie pudo alcanzar incrementos anuales de altura al ritmo de 1 – 2 m en los 10 primeros años.

4.10 PARKIA OPPOSITIFOLIA BENTH (FABACEAE - MIMOSOIDEAE)

4.10.1 Plantaciones puras

P. oppositifolia mostró un DAP de 24.5 cm; 14.73 m de altura total promedio y 19.54 m de altura dominante a los 20 años de edad. El IMADAP es de 1.19 cm/ año, lo cual es bastante aceptable y nos señala a esta especie como promisoría para plantaciones y sistemas agroforestales.



Fig. 21.- Fruto de *Parkia oppositifolia*.

5. Conclusiones

5.1 PLANTACIONES PURAS

En plantaciones puras a la edad de 20 años *Cedrelinga cateniformis* obtuvo el mejor crecimiento con 35.8 cm de DAP, 1.96 cm/año de IMADAP, 26.42 m de altura total, 1.42 m/año de IMAALT, 30.8 m de altura dominante, 10.3 m de altura comercial; 30.4 m²/ha de área basal y 380 m³/ha de volumen. Estadísticamente estos valores fueron significativamente superiores a los de las otras especies ensayadas. Estos resultados también fueron superiores a los obtenidos en las plantaciones en fajas de enriquecimiento. Considerando estos resultados, esta especie puede situarse entre las más promisorias para plantaciones puras.

El máximo porcentaje de árboles actuales la alcanzan las especies *A. cearensis* y *C. paupera* con 79 % y 76 % respectivamente, mientras que *C. cateniformis* no sobrepasa del 30 %, básicamente debido al raleo al que fue sometido esta plantación.

S. amara y *C. cateniformis* mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo esta característica el 66 % del total de individuos. La mayor presencia de defectos del fuste se presentó en *A. cearensis* debido a características intrínsecas de esta especie. Respecto al estado fitosanitario, el 100 % de los individuos de *C. cateniformis* son clasificados como vigorosos, es decir no presentan señales de plagas ni enfermedades.

En relación a la posición de la copa, el 44.2 % de individuos de *C. cateniformis* y el 43.4 % de *S. amara* muestran una copa completamente libre. En relación a la forma de la copa, *C. cateniformis* posee el 60.9 % de sus árboles con copa perfecta o buena.

Los mejores promedios para área basal por hectárea se presentaron para *C. cateniformis* y *S. amara*; es significativo el alto promedio de la primera especie (30.4 m²/ha) por cuanto este registro corresponde a un promedio de 309 árboles/ha.

El mayor volumen maderable fue de 380.2 m³/ha para *C. cateniformis* aunque a nivel de parcelas experimentales hubo una variabilidad en el rendimiento, la cual puede ser atribuida a la densidad de individuos existentes y a la capacidad productiva del sitio. A pesar de esta variación atribuida al micrositio, esta especie muestra una productividad muy superior a la de las otras especies en este

experimento, ya que solo *S. amara* con 120.8 m³/ha muestra volúmenes maderables significativos.

5.2 PLANTACIÓN DE CEDRELINGA CATENIFORMIS (DUCKE) EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO

El tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho) muestra los mejores resultados en DAP (30.7 cm), IMADAP (1.6 cm/año), altura total (23.2 m) y 1.1 m/año de IMAALT. Estos resultados son significativamente diferentes al resto de tratamientos. En cuanto a altura dominante, el mayor valor se obtuvo en el tratamiento ACRPLA30 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 26.4 m.

El tratamiento ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) muestra los mejores resultados en productividad con 23.8 m²/ha de área basal y 226.9 m³/ha de volumen, sin embargo debe enfatizarse que estos resultados están influenciados por la densidad de la plantación, calculada en 560 individuos por ha.

Existe evidencia estadística (P 0.05) de que el tipo de suelo y la fisiografía del terreno influye sobre el DAP de *C. cateniformis* en fajas de enriquecimiento pero no se hallaron diferencias significativas en altura total entre los distintos tipos de suelo y posiciones fisiográficas. Tampoco hay evidencia de la influencia de la fisiografía sobre el IMADAP.

El mayor porcentaje de árboles existentes corresponde al tratamiento ACRPLA10 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 10 m de ancho) con 73 %. Los menores porcentajes de supervivencia se hallan en los tratamientos en suelo cambisol.

En relación a la forma del fuste, los tratamientos GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) y CAMCOL10 (suelo cambisol-fisiografía colinosa-faja de 10 m de ancho) mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo estas características el 100 % de sus individuos. Se concluye que esta especie presenta pocos problemas de forma, al ser establecida en fajas de enriquecimiento.

Es predominante la presencia de árboles vigorosos de *C. cateniformis* en todos los tratamientos, mientras que los individuos con algún daño en el fuste no pasa en ningún caso del 10 %.

En relación con la posición de la copa, el mejor resultado se presenta en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho) que posee el 62.2 % de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior; seguido por el tratamiento GLEPLA30 (Suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con el 60.5 %. Estos dos tratamientos también muestran un excelente crecimiento en diámetro y altura.

Los resultados de la prueba Ji-cuadrada indican que existe evidencia de que la frecuencia de las categorías de posición y forma de copa de los árboles depende del tratamiento empleado.

5.3 PLANTACIÓN DE AMBURANA CEARENSIS (ALLEMAO) A. C. SMITH EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO

El mejor resultado en DAP promedio se presentó en el tratamiento GLEOND05 (suelo gleysol-fisiografía ondulada-faja de 5 m de ancho) con 14.6 cm de diámetro, mientras que la mayor altura total promedio se obtuvo en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 10.7 m y un IMAALT de 0.5 m/ año. La mayor altura dominante está en el tratamiento GLEPLA30 (15.7 m). Considerando la edad de la plantación (19-20 años), los resultados muestran que *A. cearensis* es una especie de mediano a lento crecimiento.

La altura comercial muestra bajos valores en todos los tratamientos obteniéndose el mayor valor en GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 7.1 m, lo cual se debe principalmente a la arquitectura poco favorable de los árboles de esta especie.

Se obtuvo evidencia estadística de que el tipo de suelo influye significativamente sobre el DAP y altura total. *A. cearensis* en plantaciones en fajas de enriquecimiento obtiene mejores resultados en DAP y altura total en suelos gleysol.

Con respecto a la fisiografía del terreno no hay evidencia estadística de su influencia sobre el DAP o la altura total de *A. cearensis* en plantaciones en fajas. En cambio el sistema de plantación si muestra una influencia sobre el DAP.

Los mejores resultados en altura dominante se hallan en suelo gleysol.

Todos los tratamientos, a excepción de GLEPLA30, presentaron fustes sinuosos en más del 20 % de sus individuos, especialmente en ACRPLA30 con 44.4 % de sus individuos con sinuosidad. El porcentaje de árboles inclinados es notorio en todos tratamientos, con la excepción de CAMOND05, que no presenta ningún individuo con esta característica.

Con respecto al estado fitosanitario de los árboles, existe en general, un predominio de individuos sanos. Solo en caso de los tratamientos ACRPLA10 y ACRPLA30 existe un porcentaje mayor de 25 % con algún tipo de daño en las ramas.

El mejor resultado en posición de copa se presenta en el tratamiento GLEOND05 que posee el 40% de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior. En relación a la forma de la copa GLEOND05 muestra la mejor arquitectura, con 24 % de individuos con copa perfecta y 17 % con copa buena, mientras

que ACRPLA10 posee el 35 % de sus individuos con copa de forma muy pobre, lo cual es consistente con el hecho de tener la mas baja altura promedio (7.3 m) del experimento

El mejor resultado en productividad se presentó en el tratamiento GLEPLA30 con 5.62 m²/ ha de área basal y 39.30 m³/ ha de volumen. Los resultados de productividad en términos de volumen están afectados por el número de individuos actuales por hectárea.

5.4 CONCLUSIONES GENERALES SOBRE EL SISTEMA DE FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO.

El sistema de plantación en fajas de enriquecimiento es una forma de regeneración artificial de bosques que básicamente persigue establecer una masa de árboles en líneas espaciadas a intervalos iguales o algo mayores que el diámetro de copa estimado para el producto final con el objetivo de incrementar la proporción de árboles valiosos en un bosque explotado, degradado o bosque secundario. El sistema en fajas de enriquecimiento ha sido ensayado en gran parte de los bosques tropicales desde inicios del siglo XX. La experiencia ha reportado éxitos y fracasos en el empleo de este sistema.

El sistema tiene grandes posibilidades de cumplir los objetivos económicos y ecológicos de su establecimiento si se emplea bajo ciertas condiciones silviculturales enunciada desde mediados del siglo pasado por autores como Dawkins, Lamb, Catinot y Aubreville en base a experiencias en Africa, Asia y en menor grado en América Tropical.

Uno de los requisitos básicos para el éxito de este sistema es el empleo de especies adecuadas, básicamente especies con una alta velocidad de crecimiento en altura y con alto valor económico. *Cedrelinga cateniformis* cumple satisfactoriamente estos requisitos. Es una madera de alto valor económico, muy apreciada tanto por la industria maderera como por el poblador rural y cuya demanda muestra una tendencia creciente según diversos estudios.

Con respecto a los ensayos con esta especie en el Bosque Von Humboldt, a pesar de no haber recibido el manejo conveniente, se determinó que esta especie tiene un enorme potencial, por su alto crecimiento en altura y diámetro (superior a 1.5 m/ año y 1.5 cm/ año respectivamente), por su calidad fitosanitaria (sin plagas forestales reconocidas), por su excelente forma de fuste y copa, y por su posibilidad de rendir un alto volumen por unidad de área comparable a otras especies como *Eucalyptus* o *Pinus*.

Es necesario mas investigación para el caso de *Amburana cearensis*, la mayor parte del fracaso de esta especie en los ensayos del Bosque Von Humboldt se deben a su alta susceptibilidad a la falta de manejo y de mantenimiento. El gran desarrollo de algunos indi-

viduos señalan que esta especie puede adaptarse muy bien a las condiciones de sitio y ser económicamente productiva.

6. Recomendaciones

Debido a que los resultados preliminares de crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* son bastante satisfactorios, se recomienda priorizar esta especie en actividades de repoblamiento forestal en la Región Amazónica del Perú, principalmente en suelos de tipo acrisol y zonas con buen drenaje.

Aunque los experimentos llevados a cabo con *C. cateniformis* en general han mostrado buenos resultados, la decisión sobre establecer esta especie en plantaciones puras o en fajas de enriquecimiento debe basarse tanto en consideraciones ecológicas como económicas. Es necesario enfatizar este último aspecto ya que aún no se posee la información económica precisa, referente a los costos y rendimientos, para analizar los aspectos financieros de la producción.

Los resultados obtenidos muestran que el material de *C. cateniformis* procedente del Bosque Nacional A. von Humboldt es generalmente superior y resistente a plagas y enfermedades.

Ante la evidencia de que los árboles de *A. cearensis* son generalmente de mala forma y lento crecimiento, se considera que la especie tiene potencial limitado para su uso en plantaciones puras y en fajas de enriquecimiento.

Los resultados con *Cedrelinga cateniformis* y *Amburana cearensis* en el Bosque Nacional A. von Humboldt son preliminares por lo que debe continuarse el seguimiento del ensayo.

Debe evaluarse las propiedades tecnológicas de la madera de *Cedrelinga cateniformis* procedente de las plantaciones de Von Humboldt y determinar la factibilidad de su utilización a la edad de 20 años.

7. Bibliografía

- Abreu, R; Silva, K da.** 2000. Resistencia natural de dez especies madeiras da Amazonia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* e *N. surinamensis*. Revista Arvore 24(2):229-234
- Alencar, JC; Araujo, VC.** 1980. Comportamento de especies florestais amazônicas quanto a luminosidade. Acta Amazonica 10 (3):435-444
- Angelo, H; Brasil; Santos, J dos.** 2001. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. Acta Amazonica 31 (2):237-248.
- Angulo, W.** 1995. Experiencias silviculturales para el establecimiento de regeneración artificial en el Bosque del Campo Experimental Alexander Von Humboldt INIA-Estación Experimental Pucallpa. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, PE. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 94p.
- Angulo, W.** 1996. Comportamiento silvicultural del pumaquiro *Aspidosperma macrocarpon* en plantaciones establecidas en el Bosque Nacional von Humboldt. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima PE. 25 p.
- APODESA.** 1987. Avances de la silvicultura en la Amazonia peruana. Instituto Nacional de Desarrollo, Apoyo a la política de desarrollo regional. Lima PE (Documento de Trabajo N° 11).
- ARP.** 2002. Areas realmente protegidas. Consultado 10 de octubre 2002. Disponible en http://www.areas-protegidas.org/peru_sector_forestal.php
- Ashton, PMS; Gamage, S; Gunatilleke, IAUN; Gunatilleke, CVS.** 1998. Using Caribbean pine to establish a mixed plantation: testing effects of pine canopy removal on plantings of rain forest tree species. Forest Ecology and Management (106)2-3: 211-222.
- Aubreville, A.** 1953. L'expérience de l'enrichissement par layons en Côte D'Ivoire. Bois et Forêt des Tropiques. n°29 : 3-9
- Baluarde V, J.** 1999. Experiencias silviculturales en Jenaro Herrera: mantenimiento y manejo de especies forestales promisorias. In Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE). Memorias. s.p.
- Blaser, J; Clausi, A; Diaz, M.** 1985. Crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* en plantación. El Chasqui n° 9/10: 20-22.
- Boerboom, J; de Graaf, NR.** 1992. Forest plantation establishment in the tropics and subtropics. Department of Forestry, Agricultural University Wageningen. Wageningen, NL. 105 p.
- Boshier, D; Lamb, A.** 1997. *Cordia alliodora*: Genética y mejoramiento de árboles. Oxford Forestry Institute. Forestry Research Programme. Tropical Forestry Papers 36. 100p.
- Botosso, PC; Vetter, RE.** 1991. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 especies arboreas tropicais de floresta de terra firme (Amazonia). Revista do Instituto Florestal 3 (2): 163-180.
- Browder, JO; Pedlowski, MA.** 2000. Agroforestry performance on small farms in Amazonia: findings from Rondonia pilot project. Agroforestry Systems 49(1):63-83.
- Budowski, G.** 1956. Sistemas de regeneración de los bosques de bajura en la América tropical. Caribbean Forester 17 (3-4): 53-75.
- Burgos, JA.** 1954. Un estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María, Perú. The Caribbean Forester 15(1/2): 11-53.
- Camacho, M.** 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 52p. (Serie técnica. Manual Técnico/CATIE n° 42).
- Carrera G, F.** 1987. Experiencias y resultados de las plantaciones forestales en la Zona Forestal Alexander Von Humboldt. Pucallpa, Perú. Estación Experimental Pucallpa. 79p. (Documento de Trabajo N°5. INFOR-COTESU).
- Carvalho, PE.** 1994. Especies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. EMBRAPA. Brasília, BR. 639 p.
- Castillo, A; Carrera, F; Maruyama, E.** 1987. Experiencias y resultados de la reforestación en Von Humboldt. In Avances de la silvicultura en la Amazonia peruana

(1987, Lima, PE). Proyecto Apoyo a la Política de Desarrollo de Selva Alta. p. 184-225.

Caycedo A, H. 1988. Evaluación preliminar del crecimiento de 20 especies maderables en la Región de Lloro-Carretera Panamericana, Chocó, Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Bogotá, Colombia. 31p. (Serie Técnica N° 29).

Clausi, A; Marmillod, D; Blaser, J. 1992. Descripción silvicultural de las plantaciones forestales de Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Centro de Investigaciones Jenaro Herrera. Iquitos, PE. 334 p.

CONIF. 1986. Resultados del comportamiento de especies forestales plantadas en líneas de enriquecimiento en Bajo Calima, San José de Guaviere y Tuma-co, Colombia. 33 p. (Serie Técnica N° 19 CONIF).

Cornelius, JP. 2001. The effectiveness of pruning in mitigating *Hypsipyla grandella* attack on young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) trees, *Forest Ecology and Management* 148 (1-3): 287-289.

Cruz, D de la. 1999. La agroforestería en el ámbito del Comité de Reforestación del Huallaga Central-Tingo María. In Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE). Memorias. s.p.

Dawkins, H.C. 1958. The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Oxford, UK. Imperial For. Inst., Univ. Oxford. 155 p.

D'Oliveira, MVN. 2000. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil, *Forest Ecology and Management* 127 (1-3): 67-76.

Evans, J. 1992. *Plantation Forestry in the Tropics*. Clarendon Press-Oxford. Published in the United States by Oxford University Press, New York. 403 p.

Flores B, Y. 1995. Caracterización morfológica en los estadíos iniciales de 11 especies de interés forestal del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Tesis Ing. Forest. Facultad de Ciencias Forestales – UNALM. Lima, Perú. 52 p

Flores B, Y. 1996. Guía para el reconocimiento de plántulas de especies forestales de la Amazonia Peruana. INIA – Proyecto Regeneración de Bosques Tropicales. Lima, Perú. 52p.

Flores B, Y. 1997. Comportamiento fenológico de 88 especies forestales de la Amazonia Peruana. INIA. Lima, Perú. 113 p.

Flores B, Y. 2002. Semillas de especies forestales de importancia económica en la Región Ucayali. INIA - Lima, Perú. 82 p.

Flores B, Y. 2002 . Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el Bosque Alexander von Humboldt, Amazonia Peruana. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 86 p.

Flores B, Y. 2004. Crecimiento y productividad de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el bosque Alexander von Humboldt, Amazonia Peruana. *Revista Recursos Naturales y Medio Ambiente* 41: 111-120.

Flores B, Y. 2004. Síntesis de efectos ecológicos negativos de las plantaciones forestales. En: *Revista Agro-INIA*. 1(2):24-31

Flores B, Y. 2004 Guía para el reconocimiento de regeneración natural de especies forestales de la Región Ucayali. INIEA, Pucallpa, Perú. 80 p.

Flores B, Y. 2005. Ecuación de índice de sitio para *Cedrelinga cateniformis* en el Bosque Alexander von Humboldt. En: *Revista Forestal del Perú* 25 (1-2):35-44

Flores B, Y. 2007. C Cultivo de la copaíba (*Copaifera paupera* Ducke). Publicado en 02 abril 2007. <http://www.monografias.com/trabajos43/cultivo-copaiba/cultivo-copaiba.shtml>

Freese, F. 1978. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. Servicio Forestal-USDA. Madison, US. 102 p.

Galván, O. 1996. Análisis comparativo de crecimiento de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Amburana cearensis* en fajas de enriquecimiento y viales de extracción. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 72 p.

Galloway, G; Ugalde, L; Vasquez, W. 2001. Importance of density reductions in tropical plantations: experiences in Central America. *Forests, Trees and Livelihoods* 11: 217-232.

Gutiérrez, H. 1999. Experiencias silviculturales y modalidad de ejecución del proyecto INRENA-ITTO PD 9/95. In Reunión Técnica Experiencias Silvicultu-

rales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE). Memorias.

Hostettler, M. 1990. Inventario de las reforestaciones en el ámbito de influencia de Pucallpa. Proyecto de capacitación, extensión y divulgación forestal. Pucallpa, PE. (Temas Forestales N° 5).

INIA. 1999. Maderas del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima PE. sp.

INIAA-JICA. 1991. Manual silvicultural. Informe final del Proyecto Estudio Conjunto sobre Investigación y Experimentación en Regeneración de Bosques en la Región Amazónica de la República del Perú. Japón. 260 p.

INFOR-JICA. 1985. Proyecto de estudio conjunto sobre investigación y experimentación en regeneración de bosques en la zona amazónica de la República del Perú. CENFOR XII. Pucallpa, PE. 38 p.

INRENA-OIMT. 1995. El mercado de madera de Pucallpa en setiembre de 1995. Pucallpa, PE. 22p. (Boletín Informativo n° 5).

Justiniano, J; Pariona, W; Fredericksen, T & Nash, D. 2001. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Serebó o Sombrierillo *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake Caesalpiniaceae. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 37p.

Kanashiro, M; Yared, J. 1991. Experiencias com plantios florestais na Bacia Amazônica. In Desafio das florestas neotropicais. Curitiba, BR. P.117-137.

Labarta, R; Weber, J. 1998. Valorización económica de bienes tangibles de cinco especies arbóreas agroforestales de la Cuenca Amazónica Peruana. Revista Forestal Centroamericana 7 (23): 12-21

Lamb, A. 1969. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. The Commonwealth Forestry Review 48 (1): 41-53

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento. GTZ. Eschborn, DE. 335 p.

Liegel, L. & Stead, J. 2004. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. New York, US. Consultado el 4 de abril de 2004. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Cordiaalliodora.pdf>

López C, R. 1981. Estudio silvicultural del tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke). Revista Forestal del Perú 10: 1985- 191.

López, A; Sánchez de Lorenzo, J. Árboles en España. Manual de identificación. [En línea]: Árboles ornamentales, (<http://www.arbolesornamentales.com/Chorisiaainsignis.htm>, documentos, 03 de May 2004).

Loureiro, A; Da Silva, M; Alencar, J. 1979. Esencias madeireiras da Amazonia. Instituto Nacional da Pesquisas da Amazonia. Manaus, BR. 2 v. 246p.

MSB (Missouri Botanical Garden); HNB (Herbario Nacional de Bolivia). 1993. Guía de árboles de Bolivia. Eds. T Killen, E García, S Beck. La Paz, BO. 958 p.

Magalhaes, L.; Blum; WE. 1984. Nodulação e crescimento de *Cedrelinga cateniformis* Ducke en plantios experimentais na Região de Manaus, Amazonia. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 19: 159-164

Marie, E. 1949. Notas sobre la reforestación con *Swietenia macrophylla* King. en Martinica. The Caribbean Forester 10(3): 216-222.

Martinez H, H.; Rodríguez M, G. 1987. Comportamiento de 21 especies forestales en San José de Guaviare, Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Bogotá, Colombia. 31p. (Serie Técnica N° 26).

Maruyama, E. 1987. Manejo de regeneración natural de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) en la Zona Forestal Alexander Von Humboldt. Pucallpa, Perú. Estación Experimental Pucallpa. 39p. (Documento de Trabajo N°3. INFOR-COTESU).

Maruyama, E.; Carrera, F.; Angulo, W. 1987. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales en la Zona de Alexander von Humboldt. Documento de trabajo N° 2. Pucallpa. INFOR-COTESU. 51 p.

Masson, J.; Ricse, A. 1977. Plantaciones de enriquecimiento en el Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. PNUD/FAO/PER/71/551. Unidad de Silvicultura y Manejo. Documento de Trabajo n° 11. 21 p.

Mayhew, JE; Newton, AC. 1998. The silviculture of mahogany. University of Edinburgh. CABI Publishing. Wallingford UK. 226 p.

MINAG. 1998. Repoblación forestal con especies tropicales valiosas en sistemas agroforestales en la provincia de Tambopata. Ministerio de Agricultura –

Instituto Nacional de Recursos Naturales – Proyecto ITTO PD 9/95. . Boletín El Castaño N° 3. Puerto Maldonado, PE.

Miranda, EM; Valentim, JF. 2000. Dezenpenho de doze especies arboreas nativas e introduzidas com potencial de uso multiplo no Estado de Acre, Brasil. Acta Amazonica 30(3):471-480.

Mostacedo, B; Justiniano, J; Toledo, M; Frederickson, T. 2001. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Santa Cruz, BO. Proyecto BOLFOR. 215p.

New York Botanical Garden. 2002. Neotropical Flora and Mycota Catalog Homepage (en línea). New York, US. Consultado 2 may. 2002. Disponible en <http://www.nybg.org/bsci/hcol/netr/>

Pariona W. & T. S. Fredericksen. 2003. En revision. Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forests. Forest Science

Pierront, KM. 1994?. Enrichment planting: a literature review and brief proposal. In: partial completion of the requirements for the degree of Master of Forest Resources and Conservation. Gainesville, University of Florida.

Pires, C; Kalil, A; Da Rosa, P; Parente, P & Zanatto, A. 1982. Teste de origens de *Cordia alliodora* (R. & P) Oken no estado de Sao Paulo. In: Anais do Congresso Nacional sobre esencias nativas. Silvicultura em Sao Paulo. Revista do Instituto Florestal, Coordenadoria da pesquisa de recursos naturais. Secretaria de agricultura e abastecimento. Vol. 16, Parte 2. Sao Paulo, Brasil. 988 – 995 p.

Prebble, C. 1997. Plantaciones forestales: Un camino en perspectivas. Actualidad Forestal Tropical 5(2): 1

Reis, M. 1997. Plantaciones forestales industriales en los trópicos de América Latina. Actualidad Forestal Tropical 5(2): 8-9

Revoredo, N. 1999. Evaluación de plantaciones forestales “Barbara D’Achille” y “El Paraíso” en la Carretera Iquitos-Nauta, Perú. In Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE). Memorias.

Reynel, C; Pennington, T.D; Pennington, R.T; Flores & Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonia peruana y sus usos. Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies.

Primera Edición. Lima, Perú. 520p.

Saavedra, L. 2005. Estudio de crecimiento y productividad en plantaciones de cuatro especies forestales heliofitas durables en ultisols de Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, PE. Pv.

Saavedra, L; Flores B, Y. 2005. Crecimiento y productividad de plantaciones forestales de *Schizolobium amazonicum*; *Cordia alliodora*; *Parkia oppositifolia* y *Ceiba insignis* en ultisols de Ucayali. En: Revista Agro-INIA. 3(1):10-20

Sabogal, C; Almeida, E; Marmillod, D; Carvalho, J. 2006. Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas. CIFOR. Belém, BR. 190 p.

Sánchez, P; Benites, J. 1983. Opciones tecnológicas para el manejo racional de suelos en la selva peruana. CIPA XVI- Estación Experimental Yurimaguas. Yurimaguas, PE. 68 p. (Serie Separatas N° 6).

SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User’s guide, Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1028 p.

Schulze, P; Leighton, M; Peart, D. 1994. Enrichment planting in selectively logged rain forest: A combined ecological and economic analysis. Ecological Applications, Vol. 4 (3): 581 – 592.

Schwyzer, A. 1981. El tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke). Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaero Herrera. Iquitos, PE. 34 p. (Boletín Técnico n° 15).

Soudre, M; Carbajal, Y; Kobayashi, S; Sabogal, C. 2001. Adaptability of six native forest tree species to degraded lands in Pucallpa, Peruvian Amazon. In Rehabilitation of Degraded Tropical Forest Ecosystem (1999, Bogor, ID). Workshop Proceedings. Bogor, ID. p. 123-128

Steel, R; Torrie JH. 1980. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. México, ME. 622p.

Synnot, TJ. 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rainforest. Tropical Forestry Papers, CFI, University of Oxford. UK. 67p.

Ugalde, L. 2000. El sistema MIRA, Componente de Silvicultura. Manual del usuario. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 82 p.

Vega, L. 1976. Plantaciones de enriquecimiento en Surinam con especial referencia para Mapane. Curso Intensivo Manejo y Aprovechamiento de Bosques Tropicales. (1976, Turrialba, CR). pv.

Vidaurre, H. 1990. Diseminación de semillas de "tornillo" *Cedrelinga cateniformis* Ducke. Pucallpa, PE, Estación Experimental Pucallpa. 43p. (Temas Forestales n° 4).

Vidaurre, H. 1994. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Mimosoideae) en la Región de Pucallpa, Amazonia Peruana. Tesis Mg. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 111p.

Wadsworth, F.H. 1960. Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales y Centro y Sur América. Centro Tropical de Investigaciones Forestales. Río Piedras, Puerto Rico. 284 p.

Wadsworth, F.H. 2000. Producción forestal para América Tropical. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC; US. 563p. (Agriculture Handbook N° 710).

Weaver, P.L. 1987. Enrichment plantings in Tropical America. In Conference Management of the Forest of Tropical America: prospects and technologies (1986, San Juan, PR). Proceedings. p. 259-178

Whitmore, J; Mueller, P; Raidan, G; Brune, A. 1990. Técnicas de conservación genética: el caso de *Amburana cearensis*, una especie muy útil, en peligro de extinción. IUFRO. En: Actas de Reunión Manejo y Aprovechamiento de Plantaciones Forestales con Especies de Uso Múltiple. Turrialba, CR. p.269-278.

Woodward, C.L. 1996. Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth in Amazonian Ecuador. Forest Ecology and Management, Vol. 82 (1-3): 197-209.

Yamazaki, S; Ikeda, T; Taketani, A; Pacheco, CV; Sato, T. 1992. Attack by the mahogany shoot borer *Hypsipyla grandella* Zeller on the Meliaceae trees in the Peruvian Amazon. Applied Entomological Zoology 27(1): 31-38

Anexos



Anexo 1

Códigos y características de los tratamientos

Especie	Código	Descripción	Suelo	Fisiografía	Ancho de faja
Tornillo	TORNCAAB	Campo abierto	Acrisol	Plano	
	GLEPLA05	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	5 m
	GLEPLA10	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	10 m
	GLEPLA30	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	30 m
	ACRPLA05	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	5 m
	ACRPLA10	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	10 m
	ACRPLA30	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	30 m
	ACROND05	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Ondulado	5 m
	CAMCOL05	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Colinoso	5 m
CAMCOL10	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Colinoso	10 m	
Ishpingo	AMCECAAB	Campo abierto	Gleysol	Plano	
	GLEPLA05	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	5 m
	GLEPLA10	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	10 m
	GLEPLA30	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	30 m
	GLEOND05	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Ondulado	5 m
	ACRPLA10	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	10 m
	ACRPLA30	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	30 m
	ACROND05	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Ondulado	5 m
	ACRCOL05	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Colinoso	5 m
	CAMOND05	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Ondulado	5 m
	CAMCOL05	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Colinoso	5 m
CAMCOL10	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Colinoso	10 m	
Caoba	CAOBA	Campo abierto	Gleysol	Plano	
Marupa	SIAMCAAB	Campo abierto	Gleysol	Plano	
	SIAMF30A	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	30 m
	SIAMF10A	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Colinoso	10 m
	SIAMF10B	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Plano	10 m
	SIAMF10C	Faja de enriquecimiento	Gleysol	Colinoso	10 m
	SIAMF10D	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Colinoso	10 m
Pumaquiro	PUMACAAB	Campo abierto	Gleysol	Plano	
	PUMAF30A	Faja de enriquecimiento	Acrisol	Plano	30 m
	PUMAF10A	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Colinoso	10 m
	PUMAF10B	Faja de enriquecimiento	Cambisol	Colinoso	10 m
Copaiba	COPCAAB	Campo abierto	Gleysol	Plano	
	COPFA30M	Faja 30 m - Area 2	Gleysol	Plano	30 m
	COPFA05A	Faja 05 m - Area 5 - Faja 7	Cambisol	Colinoso	5 m
	COPFA05B	Faja 05 m - Area 5 - Faja 8	Cambisol	Colinoso	5 m
	COPFA05C	Faja 05 m - Area 5 - Faja 9	Cambisol	Colinoso	5 m
	COPF30MA	Faja 30 m - Area 9 - Faja 4	Gleysol	Plano	30 m
	COPF30MB	Faja 30 m - Area 9 - Faja 6	Gleysol	Plano	31 m
Huimba blanca	CEIBCAAB	Campo abierto	Gleysol	Plano	
Pino chuncho	PICHCAAB	Campo abierto	Gleysol	Plano	
Añallo caspi	AÑALLO	Campo abierto	Gleysol	Plano	
Goma huayo pashaco	GOMAHU	Campo abierto	Gleysol	Plano	

Anexo 2

Lista de gráficos

Figura 1 – Resultados en diámetro promedio (DAP en cm) por especie. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.

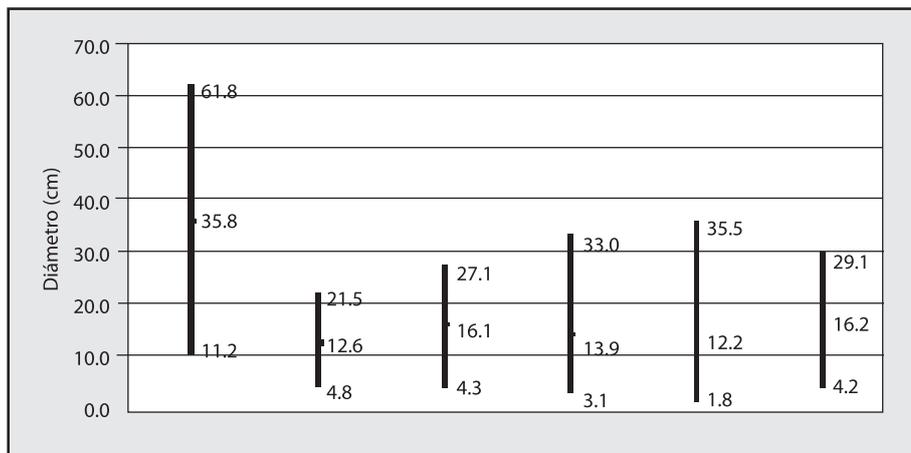


Figura 2 – Resultados en Incremento Medio Anual en diámetro promedio (IMADAP) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

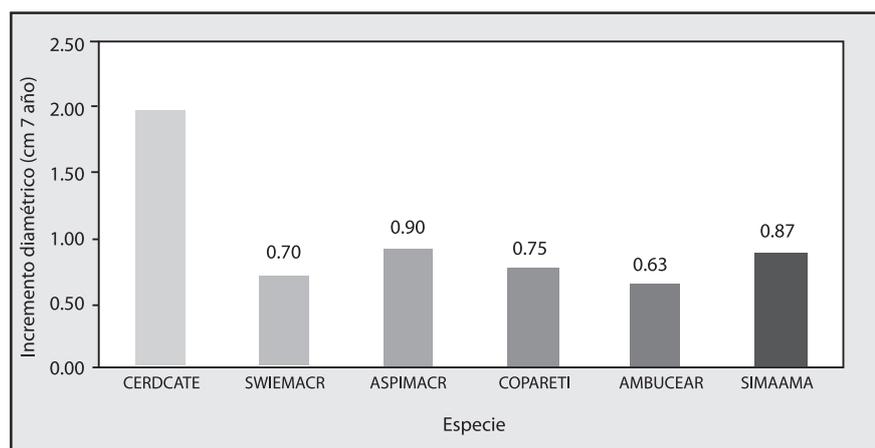


Figura 3 – Resultados en altura total promedio (m) por especie. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander Von Humboldt, Perú.

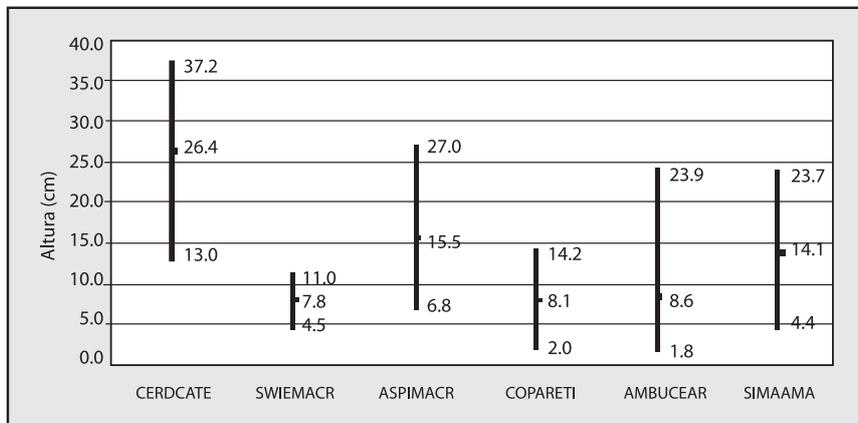


Figura 4 – Resultados en Incremento Medio Anual en Altura total (IMAALT) por especie. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

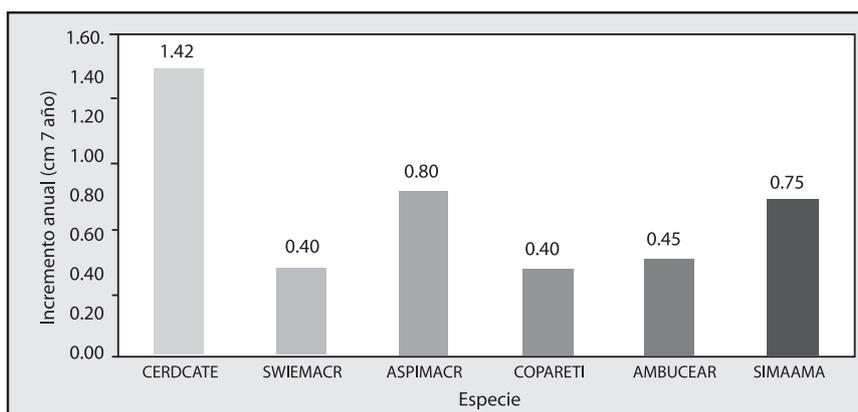


Figura 5 – Resultados en altura dominante (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

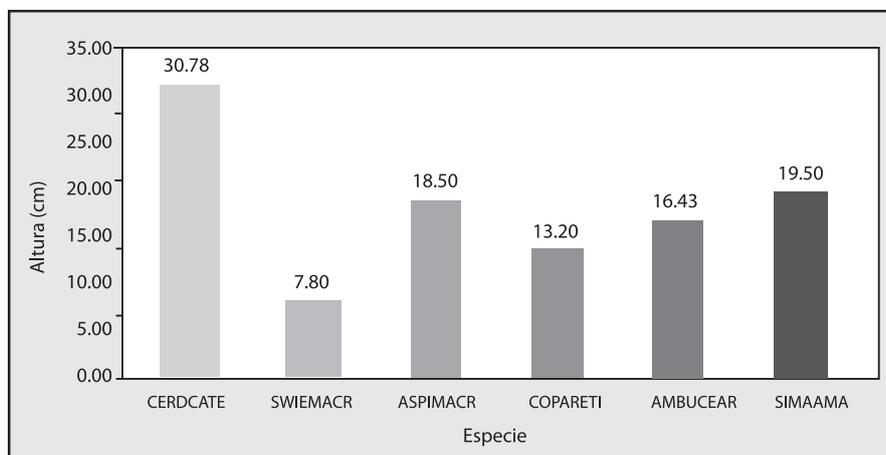


Figura 6 – Resultados en altura comercial (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.

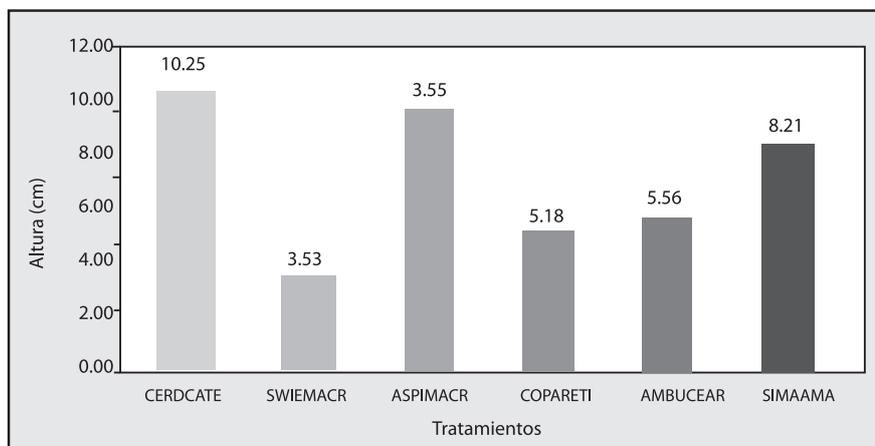


Figura 7 – Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú. Las clases están representadas en porcentajes con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

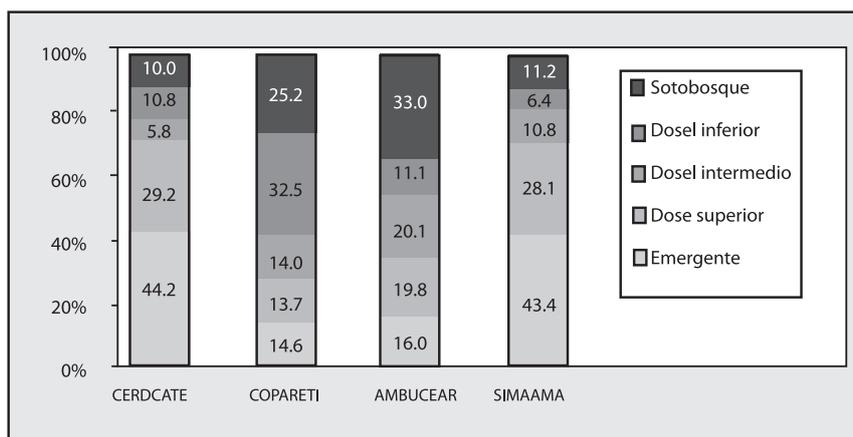


Figura 8 – Forma de la copa de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú. Las clases están representadas en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada especie.

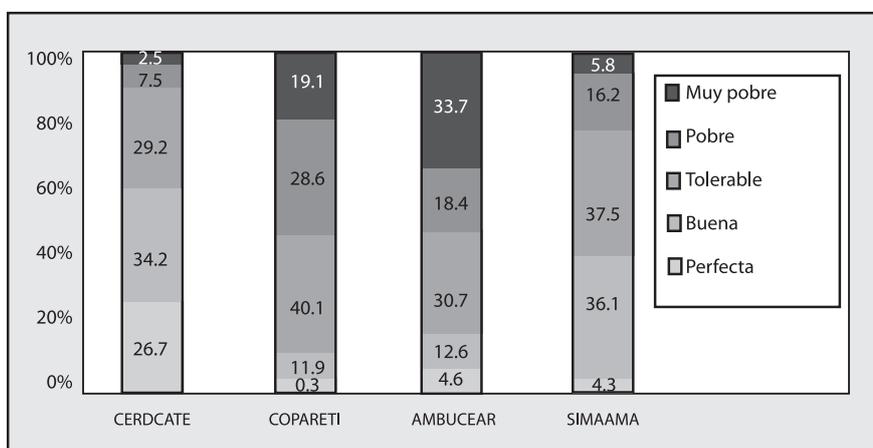


Figura 9 – Resultados en diámetro promedio (DAP en cm) en 9 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

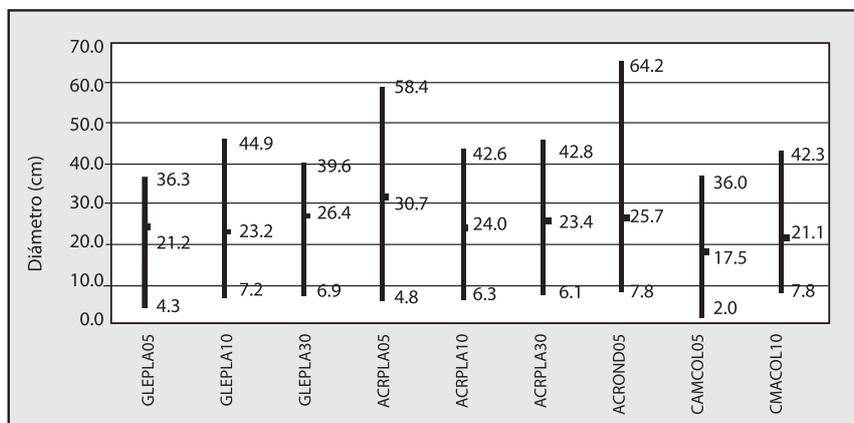


Figura 10 – Resultados en altura total promedio (m) en 9 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

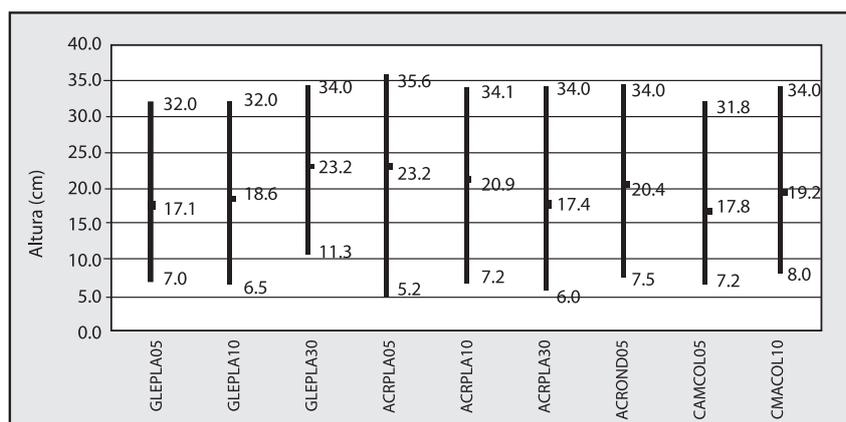


Figura 11 - Resultados de altura dominante (m) y altura comercial (m). Plantaciones de *C. cateniformis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

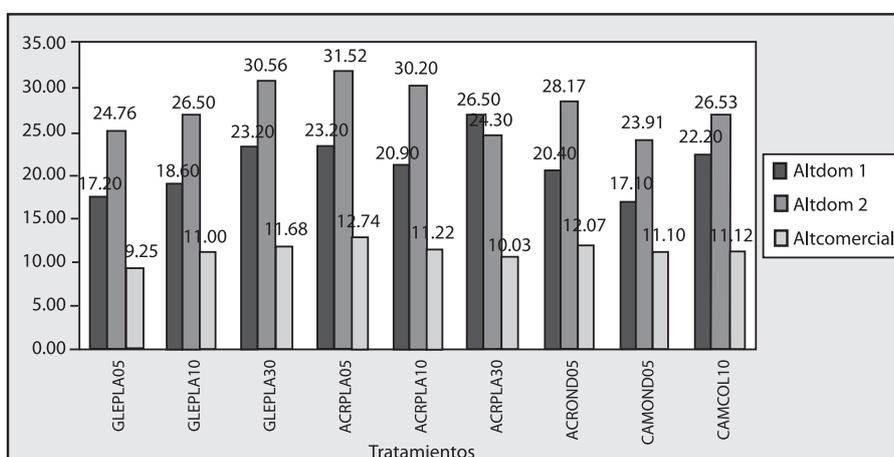


Figura 12 - Resultados de área basal por hectárea en 9 tratamientos. Plantaciones de *C. cateniformis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

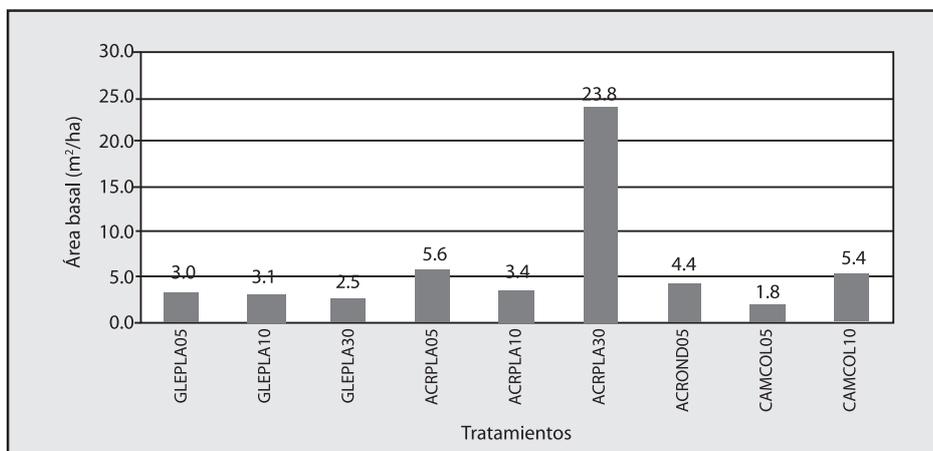


Figura 13 – DAP promedio (cm) en 11 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

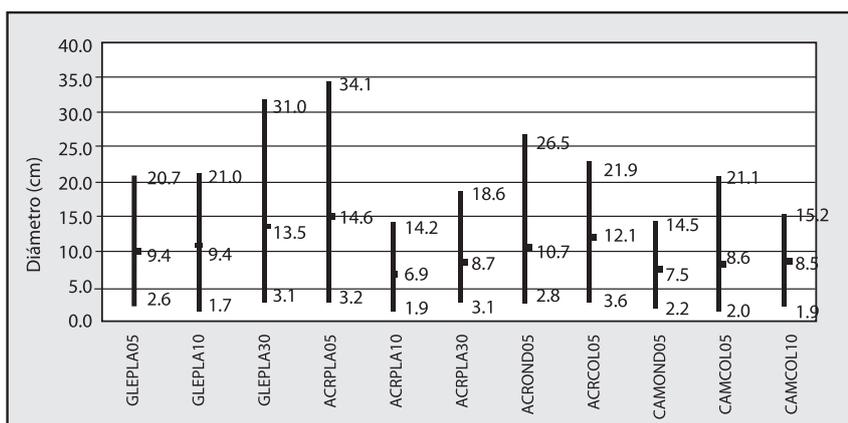


Figura 14 – Altura promedio (m) en 11 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

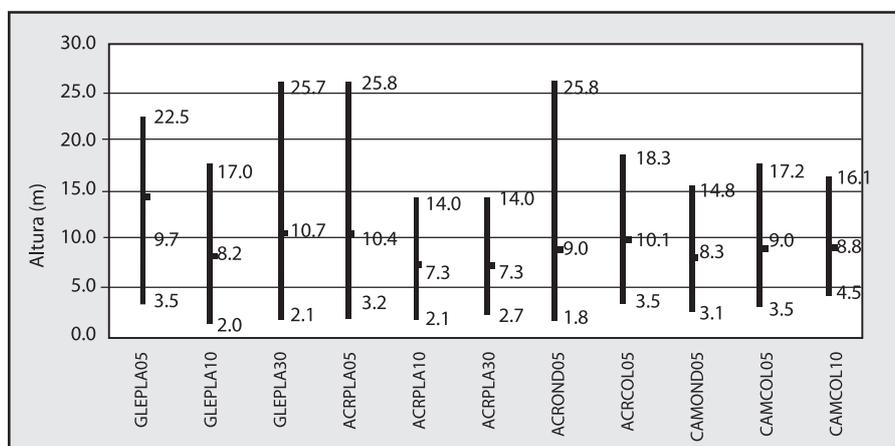


Figura 15 - Resultados de altura dominante (m) y altura comercial (m). Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

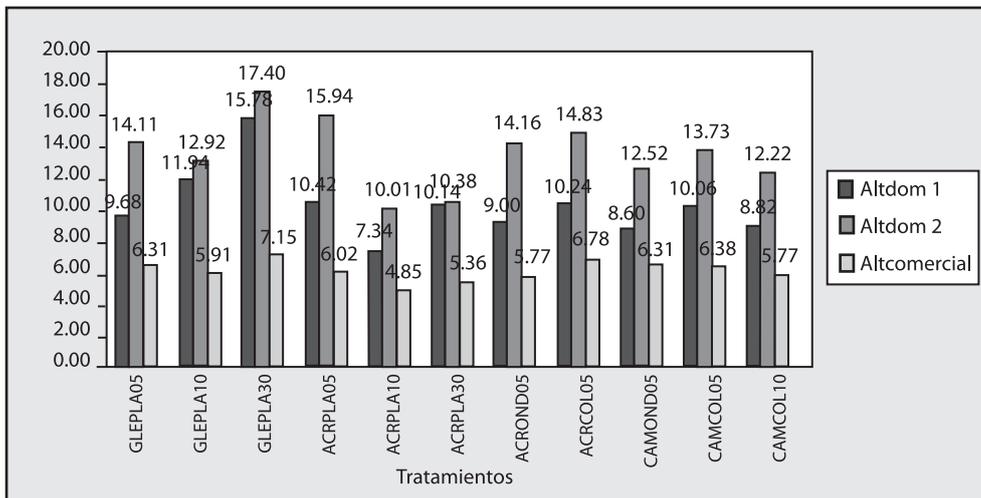
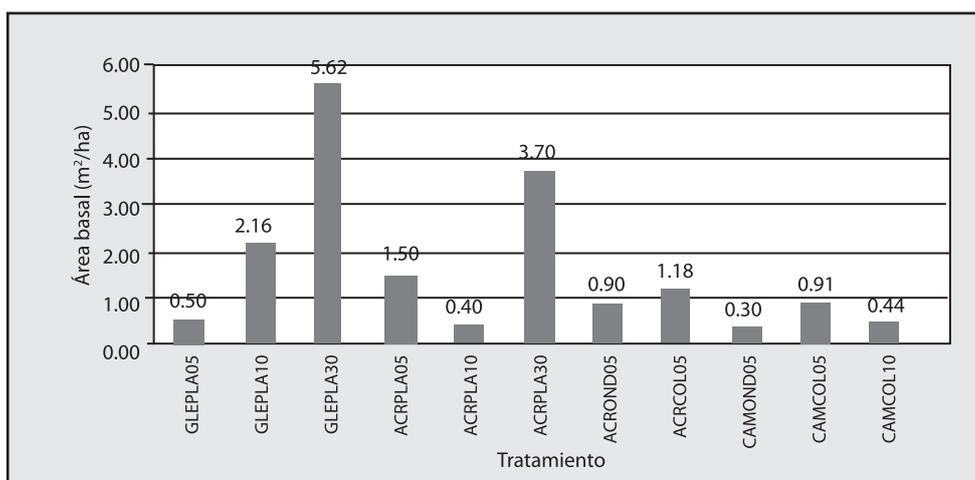


Figura 16 - Resultados de área basal por hectárea en 11 tratamientos. Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.



Anexo 3

Lista de cuadros

CUADRO 1 – Resumen de las variables de crecimiento para plantaciones puras de cuatro especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

ESPECIE	Número de árboles por ha número original (%)	Porcentaje de árboles actuales con respecto al	DAP (cm)	IMA DAP (cm/ año)	Altura total (m)	IMA Altura total (m/año)	Altura dominante (m)	Altura comercial (m)
Cedrelinga cateniformis	309 b	28 B	35.80 a	1.96 a	26.42 a	1.42 a	30.77 a	10.24 a
Simarouba amara	745 a	67 A	16.23 b	0.87 b	14.12 b	0.75 b	19.50 b	8.21 b
Copaifera paupera	846 a	76 A	13.95 bc	0.75 bc	8.07 c	0.40 c	13.20 d	5.18 c
Amburana cearensis	877 a	79 A	12.20 c	0.63 c	8.60 c	0.45 c	16.42 c	5.55 c
CV%	21.41	21.75	9.37	11.35	11.38	14.66	9.71	14.36
R2	0.76	0.75	0.97	0.96	0.96	0.95	0.93	0.83
P > F	0.0005 *	0.0006 *	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *

CUADRO 2 – Frecuencia y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas. Bosque A. von Humboldt, Perú.

CODIGOS DE FORMA	ESPECIES							
	Cedrelinga cateniformis		Copaifera paupera		Amburana cearensis		Simarouba amara	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
2 = Poco sinuoso	14	11.4	39	11.6	81	23.3	68	22.9
3 = Muy sinuoso	0	0.0	30	8.9	130	37.4	11	3.7
5 = Bifurcado	13	10.6	7	2.1	7	2.0	6	2.0
6 = Inclinado	15	12.2	240	71.4	229	65.8	17	5.7
A = Tallo quebrado con recuperación	0	0.0	0	0.0	10	2.9	2	0.7
B = Tallo quebrado sin recuperación	0	0.0	0	0.0	5	1.4	0	0.0
C = Sin copa	0	0.0	20	6.0	40	11.5	10	3.4
F = Rebrote	0	0.0	8	2.4	20	5.7	0	0.0
L = Ejes rectos y sin defectos de forma	81	65.9	91	27.1	9	2.6	196	66.0
EJES VIVOS TOTALES	123	100.1	336	129.5	348	152.6	297	104.4

CUADRO 3 – Estado fitosanitario de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Las clases están representadas en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

ESTADO FITOSANITARIO	Cedrelinga	Copaifera	Amburana	S i m a -
rouba	cateniformis	paupera	cearensis	amara
Vigoroso	100.0	93.1	89.1	97.2
Afectado eje principal	0.0	0.9	0.0	0.0
Afectado ramas superiores	0.0	0.0	0.3	0.0
Mas de 2 tercios de copa muerta	0.0	5.9	10.6	2.8
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0

CUADRO 4 – Resumen de productividad para plantaciones puras de 4 especies forestales nativas en el Bosque A. von Humboldt. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

ESPECIE	Area basal (m2 /ha)	Volumen (m3/ha)	IMA Volumen (m3/ha/año)
Cedrelinga cateniformis	30.35 A	380.20 a	21.43 a
Simarouba amara	16.17 B	120.83 b	6.80 b
Copaifera paupera	12.87 B	58.30 b	3.30 b
Amburana cearensis	10.42 B	57.95 b	3.27 b
CV%	34.23	37.05	37.03
R2	0.68	0.87	0.88
P > F	0.002 *	<.0001 *	<.0001 *

CUADRO 5 - Promedio de las variables de crecimiento de C. cateniformis en fajas de enriquecimiento de 20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

Código de tratamientos		Número de árboles por ha		Porcentaje de árboles actuales en relación al número original(%)		DAP		IMA DAP (m/año)		Altura total (m)		IMA Altura total		Altura dominante (m)		Altura comercial (m)	
GLEPLA05	001	87	bc	65.0	ab	21.20	bc	1.04	bc	17.06	b	0.84	c	17.22	d	9.24	D
GLEPLA10	002	71	c	70.0	ab	23.17	bc	1.22	abc	18.60	b	1.00	abc	18.60	cd	11.00	Bc
GLEPLA30	003	52	c	62.0	ab	26.43	ab	1.40	ab	23.20	a	1.23	a	23.20	ab	11.68	ab
ACRPLA05	004	72	c	54.0	ab	30.68	a	1.58	a	23.24	a	1.14	ab	23.24	ab	12.74	a
ACRPLA10	005	73	c	73.0	a	23.96	bc	1.34	abc	20.90	ab	1.18	ab	20.90	bcd	11.22	abc
ACRPLA30	006	560	a	56.0	ab	23.40	bc	1.32	abc	17.42	b	1.00	abc	26.48	a	10.03	dc
ACROND05	007	81	c	61.0	ab	25.68	ab	1.38	ab	20.42	ab	1.08	ab	20.42	bcd	12.06	ab
CAMCOL05	008	71	c	53.0	ab	17.56	c	0.98	c	17.04	b	0.96	bc	17.14	d	11.10	bc
CAMCOL10	009	153	b	46.0	b	21.08	bc	1.20	abc	19.14	b	1.06	abc	22.22	bc	11.12	bc
CV%		35.24		26.6		18.52		19.51		13.67		14.58		13.65		9.66	
R2		0.93		0.25		0.46		0.39		0.47		0.40		0.57		0.52	
P > F		<.0001	*	0.2243	*	0.0046	*	0.019	*	0.004	*	0.0191	*	0.0002	*	0.0008	*

CUADRO 6 - Comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales. Los valores numéricos corresponden a las $P > F$. Cedrelinga cateniformis en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú. CODIGOS: GLE: Gleysol; ACR: Acrisol ; CAM: Cambisol ; PLA: Plano ; OND: Ondulado ; COL: Colinoso

COMPARACION	Número de árboles por ha		Supervivencia	DAP		IMA DAP		Altura total		IMA Altura		Altura dominante		Altura comercial		
	<.0001	*		0.4435	*	0.1594	NS	0.0538	NS	0.3823	NS	0.1908	NS	0.0065	*	0.0358
GLE vr ACR	<.0001	*	0.4435	*	0.1594	NS	0.0538	NS	0.3823	NS	0.1908	NS	0.0065	*	0.0358	*
ACR vs CAM	0.0001	*	0.0702	*	0.0004	*	0.0024	*	0.2663	NS	0.1379	NS	0.0091	*	0.3383	NS
OND vs COL	0.2676	NS	0.1948	*	0.0120	*	0.0400	*	0.1206	NS	0.4090	NS	0.6407	NS	0.1135	NS
GLEPLA vs ACRPLA	<.0001	*	0.4691	*	0.1685	NS	0.0568	NS	0.3960	NS	0.1792	NS	0.0016	*	0.1126	NS
5 m vs 10 m	0.2237	NS	0.3980	NS	0.4998	NS	0.9087	NS	0.9097	NS	0.1697	NS	0.2945	NS	0.6463	NS
CV%	35.24		26.6		18.52		19.51		13.67		14.58		13.65		9.66	
R2	0.93		0.25		0.46		0.39		0.47		0.40		0.57		0.52	
P > F	<.0001	*	0.2243	*	0.0046	*	0.0194	*	0.0035	*	0.0191	*	0.0002	*	0.0008	*

CUADRO 7 - Frecuencia (F) y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones de C. cateniformis en fajas de enriquecimiento. Bosque Alexander von Humboldt.

CODIGOS DE FORMA	TRATAMIENTOS																	
	GLEPLA		GLEPLA		GLEPLA		ACRPLA		ACRPLA		ACRPLA		ACROND		CAMCOL		CAMCOL	
	05	10	30	05	10	30	05	10	30	05	05	10	05	10	05	10		
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
2 = Poco sinuoso	4	6.2	5	8.8			6	11.1	2	2.7			10	16.4				
3 = Muy sinuoso							1	1.9										
5 = Bifurcado	3	4.6	5	8.8			1	1.9	3	4.1	5	8.9					2	4.3
6 = Inclinado	4	6.2	10	17.5			12	22.2	2	2.7	2	3.6	15	24.6	3	5.7	4	8.7
A = Tallo quebrado con recuperación	3	4.6	2	3.5			2	3.7	3	4.1								
C = Sin copa									1	1.4			2	3.3				
F = Rebrote							1	1.9	3	4.1			2	3.3	2	3.8		
L = Ejes rectos y sin defectos de forma	56	86.2	42	73.7	37	100	44	81.5	64	87.7	54	96.4	38	62.3	51	96.2	46	100
EJES VIVOS TOTALES	65		57		37		54		73		56		61		53		46	

CUADRO 8 - Estado sanitario de los árboles en plantaciones de C. cateniformis en fajas de enriquecimiento. Las clases están representadas en porcentajes con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

ESTADO SANITARIO	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP LA30	ACRP LA05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Vigoroso	91.9	98.2	100.0	98.1	97.1	98.2	98.3	94.2	97.8
Afectado ramas superiores	8.1	0.0	0.0	1.9	2.9	1.8	1.7	5.8	2.2
Mas de 2 tercios de copa muerta	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	100.0								

CUADRO 9 - Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones de *C. cateniformis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento. Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

POSICIÓN DE COPA	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP L30	ACRP LA05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Emergente	19.1	18.5	42.1	35.8	28.8	16.1	23.2	17	25.5
Dosel superior	35.3	18.5	18.4	26.4	23.3	21.4	17.9	15.1	34
Dosel intermedio	19.1	29.6	18.4	17	12.3	23.2	12.5	18.9	19.1
Dosel inferior	8.8	20.4	18.4	15.1	11	32.1	21.4	32.1	19.1
Sotobosque	17.6	13	2.6	5.7	24.7	7.1	25	17	2.1
TOTAL	100								

CUADRO 10 - Forma de la copa de los árboles de *C. cateniformis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

FORMA DE COPA	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP L30	ACRP LA05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Perfecta	29.2	27.8	52.6	16.7	31.5	16.1	10.7	23.1	45.7
Buena	33.8	18.5	23.7	46.3	32.9	25.0	33.9	19.2	30.4
Tolerable	20.0	42.6	15.8	20.4	26.0	41.1	35.7	44.2	19.6
Pobre	10.8	9.3	5.3	14.8	4.1	8.9	17.9	7.7	2.2
Muy pobre	6.2	1.9	2.6	1.9	5.5	8.9	1.8	5.8	2.2
	100.0								

CUADRO 11 - Variables de productividad de *C. cateniformis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 19-20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan. Las cifras superiores corresponden a las parcelas "Opción 2" y las cifras de abajo a las parcelas "Opción 1".

Código de tratamientos		Area basal (m ² / ha)		Volumen (m ³ /ha)		IMA Volumen (m ³ /ha/año)	
GLEPLA05	001	3.02	b	28.12	b	1.46	b
		3.02		28.15			
GLEPLA10	002	3.10	b	30.80	b	1.75	b
		2.00		20.50			
GLEPLA30	003	2.53	b	29.13	b	1.56	b
		1.70		19.4			
ACRPLA05	004	5.58	b	69.26	b	3.64	b
		5.58		69.26			
ACRPLA10	005	3.44	b	39.56	b	2.28	b
		2.30		26.40			
ACRPLA30	006	23.82	a	226.86	a	13.42	a
		15.90		151.20			
ACROND05	007	4.36	b	48.16	b	2.66	b
		3.30		36.10			
CAMCOL05	008	1.78	b	17.30	b	1.02	b
		1.78		17.30			
CAMCOL10	009	5.42	b	56.18	b	3.34	b
		5.42		56.18			
CV%		58.49		61.8		62.74	
R2		0.81		0.76		0.77	
P > F		0.0001	*	0.0001	*	0.0001	*

CUADRO 12 - Volumen (m³/ha) obtenido en plantaciones en fajas de enriquecimiento de *C. cateniformis* en el Bosque A. von Humboldt, Perú. Se presentan los volúmenes obtenidos en cada parcela de todos los tratamientos. La cifra superior corresponde al valor obtenido en las parcelas "Opción 1" y el valor inferior al obtenido en las parcelas "Opción 2" (Ver Sección 3.4.2)

ESTADO SANITARIO	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP LA30	ACRP LA05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Parcela 1	29.9	16.3	16.4	133.9	6.5	239.7	43.8	3.7	112.0
	29.9	24.5	24.6	133.9	9.7	359.5	58.4	3.7	112.0
Parcela 2	34.7	29.2	14.5	51.1	30.8	111.0	30.0	18.3	44.5
	34.4	43.8	21.8	51.1	46.1	166.4	40.0	18.3	44.5
Parcela 3	28.7	23.3	27.4	61.5	33.9	133.8	24.6	22.0	24.6
	28.7	34.9	41.0	61.5	50.9	200.7	32.7	22.0	24.6
Parcela 4	16.0	13.3	-	22.1	33.6	88.9	17.2	14.2	69.4
	16.0	20.0	-	22.1	50.4	133.3	22.9	14.2	69.4
Parcela 5	31.3	-	-	77.7	27.1	183.0	65.1	28.3	3.7
	31.3	-	-	77.7	40.7	274.4	86.8	28.3	3.7
Promedio	28.1	20.5	19.4	69.3	26.4	151.2	36.1	17.3	56.2
	28.1	30.8	29.2	69.3	39.5	226.9	48.2	17.3	56.2

CUADRO 13 - Promedio de variables de crecimiento de *A. cearensis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 19-20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

Código de tratamientos		Número de árboles por ha		Porcentaje de árboles actuales en relación al número original(%)		DAP		IMA DAP (m/año)		Altura total (m)		IMA Altura total		Altura dominante (m)		Altura comercial (m)	
GLEPLA05	001	69	d	52	c	9.4	de	0.5	de	9.68	ab	0.50	ab	9.68	bcd	6.31	abc
GLEPLA10	002	307	b	91	a	9.4	de	0.5	cde	8.24	bc	0.42	ab	11.94	b	5.90	abcd
GLEPLA30	003	248	b	50	c	13.5	ab	0.7	ab	10.70	a	0.52	a	15.78	a	7.15	a
GLEOND05	004	85	d	64	bc	14.6	a	0.8	a	10.42	a	0.52	a	10.42	bc	6.02	abcd
ACRPLA10	005	106	cd	53	c	8.7	def	0.4	e	7.34	c	0.38	b	7.34	d	4.85	d
ACRPLA30	006	420	a	63	bc	6.9	f	0.5	de	7.34	c	0.38	b	10.14	bc	5.36	cd
ACROND05	007	93	dc	70	bc	10.7	dc	0.6	bcd	9.00	abc	0.46	ab	9.00	cd	5.77	bcd
ACRCOL05	008	101	dc	76	ab	12.1	bc	0.5	abc	10.04	ab	0.52	a	10.24	bc	6.78	ab
CAMOND05	009	69	d	31	d	7.5	ef	0.4	e	8.30	bc	0.42	ab	8.60	cd	6.31	abc
CAMCOL05	010	156	c	70	bc	8.6	def	0.5	de	8.98	abc	0.46	ab	10.06	bc	6.38	abc
CAMCOL10	011	75	d	90	a	8.5	def	0.4	e	8.82	abc	0.46	ab	8.82	cd	5.77	bcd
CV%		28.43		21.33		15.80		18.79		14.45		18.01		17.44		14.46	
R2		0.88		0.67		0.74		0.65		0.48		0.33		0.64		0.39	
P > F		<.0001	*	<.0001	*	<.0001	*	<.0001	*	0.0009	*	0.0483	*	<.0001	*	0.0137	*

CUADRO 14 - Comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales. Los valores numéricos corresponden a las P > F. Plantaciones de 20 años de *A. cearensis* en líneas de enriquecimiento en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú. CODIGOS: GLE: Gleysol ; ACR: Acrisol ; CAM: Cambisol ; PLA: Plano ; OND: Ondulado ; COL: Colinoso.

COMPARACION	Número de árboles por ha		Porcentaje de árboles actuales		DAP		IMA DAP		Altura total		IMA Altura		Altura dominante		Altura comercial	
ACR vs CAM	<.0001	*	0.7073	NS	0.0153	*	0.0334	*	0.5597	NS	0.7338	NS	0.9749	NS	0.1429	NS
GLE vs ACR	0.8479	NS	0.7664	NS	0.0002	*	0.0053	*	0.0033	*	0.0565	NS	<.0001	*	0.0278	*
OND vs COL	0.1153	NS	<.0001	*	0.0532	NS	0.0705	NS	0.9366	NS	0.7285	NS	0.5963	NS	0.4237	NS
PLA vs COL	<.0001	*	0.0005	*	0.7692	NS	0.8008	NS	0.1513	NS	0.1457	NS	0.0351	*	0.1781	NS
05 vs 10	<.0001	*	0.0003	*	<.0001	*	0.0006	*	0.0041	*	0.0267	*	0.6044	NS	0.0104	NS
CV%	28.43		21.33		15.80		18.79		14.45		18.01		17.44		14.46	
R2	0.88		0.67		0.74		0.65		0.48		0.33		0.64		0.39	
P > F	<.0001	*	<.0001	*	<.0001	*	<.0001	*	0.0009	*	0.0483	*	<.0001	*	0.0137	*

CUADRO 15 - Frecuencia (F) y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones de 20 años de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

CODIGOS DE FORMA	TRATAMIENTOS																					
	GLEPLA		GLEPLA		GLEPLA		GLEOND		ACRPLA		ACRPLA		ACRPLA		ACROND		CAMOND		CAMCOL		CAMCOL	
	05	10	30	05	10	30	05	10	30	05	05	05	05	05	05	05	10					
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
2 = Poco sinuoso	17	32.7	23	25.0	12	17.9	21	32.8	15	28.3	22	34.9	11	26.2	16	21.1	8	25.8	17	24.3	15	33.3
3 = Muy sinuoso	1	1.9			4	6.0	6	9.4	2	3.8	6	9.5	1	2.4	8	10.5	1	3.2	4	5.7	6	13.3
5 = Bifurcado			3	3.3	5	7.5	4	6.3	7	13.2		1.6			2	2.6	9	29.0	9	12.9	1	2.2
6 = Inclinado	16	30.8	24	26.1	13	19.4	20	31.3	8	15.1	20	31.7	7	16.7	10	13.2			8	11.4	5	11.1
A = Tallo quebrado con recuperación	7	13.5	5	5.4	16	23.9	8	12.5	14	26.4	14	22.2	11	26.2	2	2.6			9	12.9	5	11.1
B = Tallo quebrado sin recuperación			3	3.3	1	1.5		1.6		1.9	1	1.6			1	1.3	1	3.2	3	4.3		
C = Sin copa	3	5.8	5	5.4	1	1.5		1.6	4	7.5	1	1.6			2	2.6					1	2.2
D = Replantación					1	1.5		1.6														
F = Rebrote			1	1.1	2	3.0		1.6	3	5.7	3	4.8	1	2.4	1	1.3	1	3.2	1	1.4	2	4.4
L = Ejes rectos y sin defectos de forma	27	51.9	42	45.7	30	44.8	22	34.4	7	13.2	8	12.7	23	54.8	46	60.5	14	45.2	37	52.9	18	40.0
EJES VIVOS TOTALES	52		92		67		64		53		63		42		76		31		70		45	

CUADRO 16 – Estado sanitario de los árboles en plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Las clases están representadas en porcentajes con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento. Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.

ESTADO FITOSANITARIO	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP LA30	ACRP LA05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Parcela 1	29.9	16.3	16.4	133.9	6.5	239.7	43.8	3.7	112.0
	29.9	24.5	24.6	133.9	9.7	359.5	58.4	3.7	112.0
Parcela 2	34.7	29.2	14.5	51.1	30.8	111.0	30.0	18.3	44.5
	34.4	43.8	21.8	51.1	46.1	166.4	40.0	18.3	44.5
Parcela 3	28.7	23.3	27.4	61.5	33.9	133.8	24.6	22.0	24.6
	28.7	34.9	41.0	61.5	50.9	200.7	32.7	22.0	24.6
Parcela 4	16.0	13.3	-	22.1	33.6	88.9	17.2	14.2	69.4
	16.0	20.0		22.1	50.4	133.3	22.9	14.2	69.4
Parcela 5	31.3	-	-	77.7	27.1	183.0	65.1	28.3	3.7
	31.3			77.7	40.7	274.4	86.8	28.3	3.7
Promedio	28.1	20.5	19.4	69.3	26.4	151.2	36.1	17.3	56.2
	28.1	30.8	29.2	69.3	39.5	226.9	48.2	17.3	56.2

CUADRO 17 - Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento. Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

POSICIÓN DE COPA	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP L30	GLEON D05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	ACRC OL05	CAMO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Emergente	6.4	4.5	19.0	17.2	2.2	1.6	12.8	6.7	0.0	0.0	2.3
Dosel superior	14.9	19.3	12.7	23.4	6.5	12.9	10.3	21.3	6.7	7.6	11.4
Dosel intermedio	21.3	19.3	17.5	26.6	4.3	17.7	10.3	34.7	16.7	19.7	34.1
Dosel inferior	29.8	20.5	19.0	17.2	21.7	37.1	25.6	22.7	36.7	27.3	31.8
Sotobosque	27.7	36.4	31.7	15.6	65.2	30.6	41.0	14.7	40.0	45.5	20.5
Total	100.0										

CUADRO 18 - Forma de la copa de los árboles de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos. Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

FORMA DE COPA	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP L30	GLEON D05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	ACRC OL05	CAMO ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Perfecta	11.5	17.4	17.5	23.8	6.5	1.6	10.5	22.7	6.7	6.1	6.7
Buena	25.0	24.4	28.6	17.5	17.4	14.5	10.5	33.3	6.7	12.1	26.7
Tolerable	26.9	24.4	19.0	23.8	26.1	32.3	34.2	18.7	46.7	27.3	44.4
Pobre	5.8	17.4	15.9	22.2	15.2	19.4	23.7	16.0	20.0	22.7	11.1
Muy pobre	30.8	16.3	19.0	12.7	34.8	32.3	21.1	9.3	20.0	31.8	11.1
	100.0										

CUADRO 19 - Valores promedio de las variables de productividad de *Amburana cearensis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 19-20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

Tratamiento		Area basal (m ² / ha)		Volumen (m ³ /ha)		IMA Volumen (m ³ /ha/año)	
GLEPLA05	001	0.50	cd	2.68	b	0.16	b
GLEPLA10	002	2.16	bc	10.44	b	0.62	b
GLEPLA30	003	5.62	a	39.30	a	2.08	a
GLEOND05	004	1.50	cd	9.08	b	0.50	b
ACRPLA10	005	0.40	cd	1.52	b	0.10	b
ACRPLA30	006	3.70	b	14.52	b	0.84	b
ACROND05	007	0.90	cd	5.10	b	0.26	b
ACRCOL05	008	1.18	cd	6.82	b	0.38	b
CAMOND05	009	0.30	d	1.52	b	0.12	b
CAMCOL05	010	0.92	cd	4.90	b	0.30	b
CAMCOL10	011	0.44	cd	1.98	b	0.12	b
CV%		72.08		118.17		112.8	
R2		0.7		0.55		0.54	
P > F		<.0001	*	<.0001	*	<.0001	*

CUADRO 20 - Volumen (m³/ha) obtenido en plantaciones en fajas de enriquecimiento de *A. cearensis* en el Bosque A. von Humboldt, Perú. Se presentan los volúmenes obtenidos en cada parcela de todos los tratamientos. La cifra superior corresponde al valor obtenido en las parcelas "Opción 1" y el valor inferior al obtenido en las parcelas "Opción 2" (Ver Sección 3.4.2)

	GLEP LA05	GLEP LA10	GLEP LA30	ACRP LA05	ACRP LA10	ACRP LA30	ACRO ND05	ACRC OL05	CAMC ND05	CAMC OL05	CAMC OL10
Parcela 1	2.0	8.5	65.4	16.6	2.2	9.5	2.5	5.1	3.1	6.5	1.9
	2.0	8.5	98.1	16.6	2.2	14.2	2.5	5.1	3.1	6.5	1.9
Parcela 2	4.8	6.9	22.3	5.0	1.0	8.5	10.3	4.8	1.3	7.2	1.8
	4.8	6.9	33.5	5.0	1.0	12.7	10.3	4.8	1.3	7.2	1.8
Parcela 3	2.2	11.4	12.5	9.6	2.3	10.0	2.5	5.7	1.4	3.6	1.8
	2.2	11.4	18.8	9.6	2.3	15.0	2.5	5.7	1.4	3.6	1.8
Parcela 4	3.5	10.8	16.8	5.9	0.8	4.9	-	9.4	1.3	4.4	1.5
	3.5	10.8	25.2	5.9	0.8	7.3	-	9.4	1.3	4.4	1.5
Parcela 5	0.9	14.6	13.9	8.3	1.3	15.6	-	9.1	0.5	2.8	2.9
	0.9	14.6	20.9	8.3	1.3	23.4	-	9.1	0.5	2.8	2.9
Promedio	2.7	10.4	26.2	9.1	1.5	9.7	5.1	6.8	1.5	4.9	2.0
	2.7	10.4	39.3	9.1	1.5	14.5	5.1	6.8	1.5	4.9	2.0

CUADRO 21 - Resumen de crecimiento de *Aspidosperma macrocarpon* en plantaciones a campo abierto y fajas de enriquecimiento.

Tratamiento	Edad (meses)	Superv. (%)	DAP (cm)	Altura total promedio (m)	Altura dom (m)	IMA DAP (cm/año)	IMA ALTOT (m/año)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA VOL (m ³ /ha/año)	Número de árboles	Número de árboles por ha
PUMAF30A	244	65	9,27	9,27	14,17	0,46	0,46	4,01	19,93	0,98	89	593
PUMAF10A	246	46	11,6	12,01	12,01	0,56	0,59	0,71	5,08	0,25	61	68
PUMAF10B	255	38	7,62	9,82	12,24	0,36	0,46	1,29	6,79	0,32	34	283
PUMACAAB	268	8	16	14,78	14,78	0,72	0,66	1,75	15,07	0,67	87	87

CUADRO 22 – Resumen de crecimiento y productividad de *Copaifera paupera* en plantaciones en fajas de enriquecimiento

Tratamiento	Edad (meses)	Superv. (%)	DAP (cm)	Altura total promedio (m)	Altura dom (m)	IMA DAP (cm/año)	IMA ALTOT (m/año)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA VOL (m ³ /ha/año)	Número de árboles	Número de árboles por ha
COPFA30M	266	88	16,9	12,76	13,96	0,76	0,58	2,64	16,74	0,76	82	118
COPFA05A	280	34	8,67	7,01	7,01	0,37	0,3	0,2	0,68	0,03	51	34
COPFA05B	280	58	8,1	6,49	6,49	0,35	0,28	0,24	0,81	0,03	64	47
COPFA05C	280	100	8,51	7,73	7,73	0,36	0,33	0,45	1,74	0,07	50	80
COPF30MB	280	57	10,5	7,35	7,35	0,45	0,32	0,55	2,15	0,09	122	63
COPF30MA	281	56	10,6	6,91	6,91	0,45	0,29	0,55	1,96	0,08	118	62

CUADRO 23 – Resumen de crecimiento y productividad de *Simarouba amara* en plantaciones en fajas de enriquecimiento.

Tratamiento	Edad (meses)	Superv. (%)	DAP (cm)	Altura total promedio (m)	Altura dom (m)	IMA DAP (cm/año)	IMA ALTOT (m/año)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA VOL (m ³ /ha/año)	Número de árboles	Número de árboles por ha
SIAMF30A	244	21	19,77	15,46	19,19	0,97	0,76	5,94	45,78	2,25	29	193
SIAMF10B	258	52	21,08	17,46	17,91	0,98	0,81	3,59	33,73	1,57	103	103
SIAMF10A	280	43	20,88	17,65	29,36	0,9	0,76	16,31	151,68	6,5	150	476
SIAMF10C	280	24	22,68	21,97	24,59	0,97	0,94	4,87	55,37	2,37	102	121
SIAMF10D	281	16	22,68	21,97	21,97	0,97	0,94	1,42	16,16	0,69	102	35

CUADRO 24 – Crecimiento para plantaciones puras de 20 años de *Ceiba insignis*, *Schizolobium amazonicum*, *Cordia alliodora* y *Parkia oppositifolia* (especies forestales heliofitas durables) en ultisols en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt. (Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan).

ESPECIE	DAP (cm)	ALTURA TOTAL (m)	IMA DAP (cm/año)	IMA ALTURA TOTAL (m/año)	ALTURA DOMINANTE (m)	ALTURA COMERCIAL (m)
<i>Ceiba insignis</i>	35.01 a	11.13 b	1.70 a	0.54 b	15.27 a	8.15 a
<i>Schizolobium amazonicum</i>	25.35 b	12.2 ab	1.23 b	0.59 ab	14.14 a	6.66 a
<i>Cordia alliodora</i>	14.18 c	14.76 a	0.69 c	0.72 a	15.44 a	9.59 a
<i>Parkia oppositifolia</i>	24.49 b	14.73 a	1.19 b	0.72 a	19.54 a	8.47 a
CV %	23.21	15.60	23.23	15.57	22.87	30.51
P > F	0.0024 *	0.0647 *	0.0024 *	0.0640 *	0.2299 *	0.4565 *

CUADRO 25 – Productividad para plantaciones puras de 20 años de *Ceiba insignis*, *Schizolobium amazonicum*, *Cordia alliodora* y *Parkia oppositifolia* (especies forestales heliofitas durables) en ultisols en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan

ESPECIE	AREA BASAL (m ² /ha)		VOLUMEN (m ³ /ha)		IMA VOLUMEN (m ³ /ha/año)	
<i>Ceiba insignis</i>	28,88	a	188,58	a	9,16	a
<i>Schizolobium amazonicum</i>	7,58	b	52,00	b	2,53	b
<i>Cordia alliodora</i>	1,40	b	10,73	b	0,52	b
<i>Parkia oppositifolia</i>	12,32	b	94,77	ab	4,60	ab
CV %	79.832		90.804		90.830	
P > F	0.0129	*	0.0409	*	0.0410	*

CUADRO 26 – Estado fitosanitario de los árboles de *Ceiba insignis*, *Schizolobium amazonicum*, *Cordia alliodora* y *Parkia oppositifolia*. Las clases están representadas en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

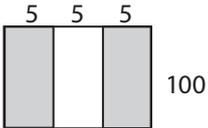
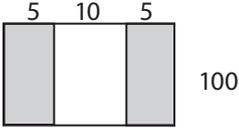
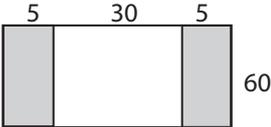
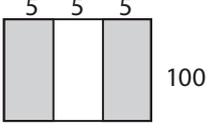
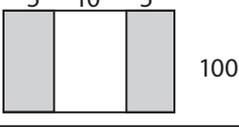
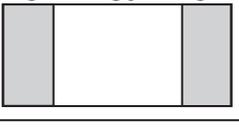
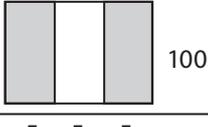
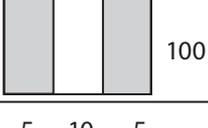
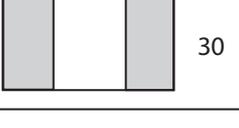
ESTADO FITOSANITARIO	<i>Ceiba insignis</i> %	<i>Schizolobium amazonicum</i> %	<i>Cordia alliodora</i> %	<i>Parkia oppositifolia</i> %
a = Vigoroso	48,75	52,48	78,41	65,12
d = Afectado en el eje principal	10,00	10,64	3,41	6,98
e = Afectados en ramas superiores	22,08	11,35	9,09	4,65
f = Afectados en eje y ramas	5,83	3,55	0,00	6,98
g = Menos que un tercio de copa muerta	1,67	12,77	3,41	6,59
h = De 1 a 2 tercios de copa muerta	4,17	7,80	2,27	7,36
i = Más de 2 tercios de copa muerta	7,50	1,42	3,41	2,33
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo 4

IMADAP	Incremento medio anual en diámetro
IMAALT	Incremento medio anual en altura total.
IMAVOL	Incremento medio anual en volumen
DAP	Diámetro a la altura del pecho.

Anexo 5

Croquis de parcela de evaluación para *Cedrelinga catenaeformis*

Tratamientos	Croquis y área de la parcela de evaluación
001 GLEPLA05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
002 GLEPLA10	 <p style="text-align: right;">Area = 2000 m²</p>
003 GLEPLA05	 <p style="text-align: right;">Area = 2400 m²</p>
004 ACRPLA05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
005 ACRPLA10	 <p style="text-align: right;">Area = 2000 m²</p>
006 ACRPLA30	 <p style="text-align: right;">Area = 200 m²</p>
007 ACROND05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
008 CAMCOL05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
009 CAMCOL10	 <p style="text-align: right;">Area = 600 m²</p>

Anexo 6

Croquis de parcela de evaluación para *Amburana cearensis*

Tratamientos	Croquis y área de la parcela de evaluación
001 GLEPLA05	<p>Area = 1500 m²</p>
002 GLEPLA10	<p>Area = 600 m²</p>
003 GLEPLA30	<p>Area = 340 m²</p>
004 ACRPLA05	<p>Area = 1500 m²</p>
005 ACRPLA10	<p>Area = 1000 m²</p>
006 ACRPLA30	<p>Area = 200 m²</p>
007 ACROND05	<p>Area = 1500 m²</p>
008 ACROCOL05	<p>Area = 1500 m²</p>
009 CAMOND05	<p>Area = 900 m²</p>
010 CAMCOL05	<p>Area = 1900 m²</p>
011 CAMCOL10	<p>Area = 1200 m²</p>

